BnF Gallica

Dictionnaire encyclopédique et biographique de l'industrie et des arts industriels... / par E.-O. Lami et A. Tharel,...

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

BnF Gallica

Lami, Eugène-Oscar (1839-19..). Dictionnaire encyclopédique et biographique de l'industrie et des arts industriels... / par E.-O. Lami et A. Tharel,.... 1881-1891.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :
- La réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source.
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE

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

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

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

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

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

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

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

DICTIONNAIRE

ENCYCLOPÉDIQUE & BIOGRAPHIQUE

DE

L'INDUSTRIE & DES ARTS INDUSTRIELS

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

Imp Ch. Maréchal et J. Montorier, 16, cour des Petites Écuries, Paris.

DICTIONNAIRE

ENCYCLOPÉDIQUE ET BIOGRAPHIQUE

DE

L'INDUSTRIE ET DES ARTS INDUSTRIELS

CONTENANT

1° POUR L'INDUSTRIE :

L'étude historique et descriptive du travail national sous toutes ses formes; de ses origines, des découvertes et des perfectionnements dont il a été l'objet.
Le matériel et les procédés des industries extractives, des exploitations rurales, des usines agricoles et des industries alimentaires, des industries textiles et de la confection du vêtement, des industries chimiques.
Les chemins de fer et les canaux, les constructions navales. Les grandes manufactures. Les écoles professionnelles, etc.

2° POUR LES ARTS APPLIQUÉS A L'INDUSTRIE :

Le dessin; la gravure; l'architecture et toutes les industries qui se rattachent à l'art. — L'imprimerie. La photographie. — Les manufactures nationales. — Les écoles et les sociétés d'art

3° POUR LA STATISTIQUE :

L'état de la production nationale; les résultats comparés de cette production et de celle de l'étranger pour les industries similaires.

4° POUR LA BIOGRAPHIE :

Les noms des savants, des artistes, fabricants et manufacturiers décédés qui se sont distingués dans toutes les branches de l'industrie et des arts industriels de la France.

5° L'HISTOIRE SOMMAIRE DES ARTS & MÉTIERS :

Depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours; les mots techniques; l'indication des principaux ouvrages se rapportant à l'art et à l'industrie.

PAR

E.-O. LAMI

Officier d'Académie

Ancien attaché au Service historique et des Beaux-Arts de la Ville de Paris

AVEC LA COLLABORATION DES SAVANTS, SPÉCIALISTES ET PRATICIENS LES PLUS ÉMINENTS DE NOTRE ÉPOQUE

TOME III

PARIS

LIBRAIRIE DES DICTIONNAIRES

7, PASSAGE SAULNIER, 7

1883

EXPLICATION

DES

ABRÉVIATIONS & DES SIGNES

Terme d'agriculture.	*T. d'agric.*
— d'architecture	*d'arch.*
— d'architecture militaire.	*d'arch. milit.*
— d'architecture et de construction	*d'arch. et de const.*
— d'armurier.	*d'armur.*
— d'armurerie et de guerre	*d'armur. et de g.*
— d'armurerie et d'art militaire	*d'armur. et d'art milit.*
— d'arquebusier	*d'arqueb.*
— d'art	*d'art.*
— d'art héraldique	*d'art hérald.*
— d'art militaire	*d'art milit.*
— d'art militaire ancien . .	*d'art milit. anc.*
— d'artificier	*d'artific.*
— d'artillerie	*d'artill.*
— de batteur d'or.	*de batt. d'or.*
— de bijouterie.	*de bijout.*
— de blanchissage	*de blanch.*
— de blason.	*de blas.*
— de bonneterie.	*de bonnet.*
— de botanique.	*de bot.*
— de boulangerie.	*de boul.*
— de bourrelier.	*de bourr.*
— de brasserie	*de brass.*
— de briqueterie	*de briquet.*
— de carrosserie	*de carross.*
— de céramique.	*de céram.*
— de chapellerie.	*de chap.*
— de charpenterie	*de charp.*
— de charpenterie de marine	*de charp. de mar.*
— de charpenterie et de menuiserie.	*de charp. et de men.*
— de charronnage	*de charron.*
— de chemin de fer.	*de chem. de fer.*
— de chimie.	*de chim.*
— de chimie organique. . .	*de chim. organ.*
— de ciselure.	*de cisel.*
— de clouterie	*de clout.*
— de coiffure.	*de coiff.*
— de construction.	*de constr.*
— de corderie.	*de cord.*
— de cordonnerie.	*de cordon.*
— de corroierie.	*de corr.*
— de costume.	*de cost.*
— de coutellerie.	*de coutell.*
— de couture.	*de cout.*
— de dorure.	*de dor.*
— de draperie.	*de drap.*
— d'ébénisterie.	*d'ébénist.*
— d'électricité	*d'électr.*
— d'émailleur.	*d'émail.*
— d'épinglier.	*d'éping.*
— d'équipement militaire. .	*d'éq. milit.*
— d'exploitation des mines.	*d'exploit. des min.*
— de facteur d'instruments de musique	*de fact. de mus.*
— de filature	*de filat.*
— de fonderie.	*de fond.*
— de fonderie en caractères	*de fond. en caract.*
— de forgeage	*de forg.*
— de fortification.	*de fortif.*
— de fourbisseur.	*de fourb.*
— de fumisterie.	*de fumist.*
— de ganterie.	*de gant.*
— de géologie.	*de géolog.*
— de géométrie.	*de géom.*
— de glacerie.	*de glac.*
— de gnomonique.	*de gnomon.*
— de gravure.	*de grav.*
— d'horlogerie	*d'horlog.*
— d'hydraulique	*d'hydraul*
— d'hygiène.	*d'hyg.*
— d'iconographie.	*d'iconog.*
— d'iconologie	*d'iconol.*

Terme d'impression sur étoffes.	*T. d'imp. s. ét.*
— d'imprimerie.	*d'imp.*
— de joaillerie	*de joaill.*
— de lampisterie.	*de lamp.*
— de lapidaire	*de lapid.*
— de lapidaire et de joaillier	*de lapid. et de joaill.*
— de librairie.	*de libr.*
— de luthier.	*de luth.*
— de machine.	*de mach.*
— de maçonnerie.	*de maçonn.*
— de manufacture	*de manuf.*
— de marbrerie.	*de marbr.*
— de maréchalerie	*de maréch.*
— de marine	*de mar.*
— de marine et de navigation	*de mar. et de nav.*
— de mécanique.	*de mécan.*
— de mégisserie	*de még.*
— de menuiserie	*de men.*
— de menuiserie en voiture	*de men. en voit.*
— de métallurgie.	*de métall*
— de métier.	*de mét.*
— de meunerie	*de meun.*
— de mine	*de min.*
— de mine militaire. . . .	*de min. milit.*
— de minéralogie.	*de minér.*
— de miroiterie.	*de miroit.*
— de monnaie.	*de monn.*
— d'optique.	*d'optiq.*
— d'orfèvrerie.	*d'orfèv.*
— de papeterie	*de pap.*
— de parcheminerie. . . .	*de parch.*
— de passementerie	*de passem.*
— de parfumerie	*de parf.*
— de pelleterie.	*de pellet.*
— de pharmacie	*de pharm.*
— de photographie.	*de photog.*
— de physique	*de phys.*
— de physique nautique . .	*de phys. naut.*
— de plomberie.	*de plomb.*
— de plumassier	*de plumas.*
— de pontonnerie.	*de ponton.*
— de ponts et chaussées . .	*de p. et chauss.*
— de potier.	*de pot.*
— de pyrotechnie.	*de pyrotechn.*
— de raffinerie de sucre . .	*de raff. de sucre.*
— de reliure	*de rel.*
— de salines	*de salin.*
— de savonnerie	*de savon.*
— de sellerie	*de sell.*
— de serrurerie.	*de serrur.*
— de sucrérie.	*de sucr.*
— de tabletterie.	*de tabl.*
— de tanneur.	*de tann.*
— de tapisserie.	*de tapiss.*
— technique	*techn.*
— de teinturerie.	*de teint.*
— de télégraphie.	*de télégr.*
— de théâtre	*de théât.*
— de thermodynamique . .	*de thermodyn.*
— de tissage.	*de tiss.*
— de tonnellerie	*de tonnell.*
— de tourneur	*de tourn.*
— de travaux publics. . . .	*de trav. publ.*
— de typographie.	*de typogr.*
— de vernissage	*de verniss.*
— de verrerie.	*de verr.*
— de vitrerie.	*de vitr.*
Art héraldique	*Art. hérald.*
Instrument d'astronomie. . . .	*Inst. d'ast.*
Instrument de chirurgie. . . .	*Inst. de chirurg.*
Instrument de musique.	*Inst. de mus.*
Mythologie.	*Myth.*
Synonyme	*Syn.*

Le signe * indique que le mot qui le porte n'est pas dans le dictionnaire de l'Académie.

LISTE DES AUTEURS

QUI ONT CONTRIBUÉ A LA RÉDACTION DU TROISIÈME VOLUME

Rédacteur en Chef : **E.-O. LAMI.**

MM. **ACHAINTRE**, Alb. A. — Publiciste;
BACLÉ, B. — Ancien élève de l'École polytechnique, Ingénieur civil,
BADOUREAU, A. B. — Ingénieur des mines;
BECHI (Guido de), G. B. — Chimiste;
BERGERON (A.-B), Dr A. B. — Docteur-Chirurgien;
BLONDEL (S.), S. B. — Homme de lettres;
BOULARD (J.), J. B. — Ingénieur civil;
CHAPRON, L. C. — Architecte, Ingénieur des Arts et Manufactures;
CHARLES-VINCENT, Ch. V. — Homme de lettres;
CHESNEAU (E.), E. Ch. — Critique d'art;
CLOÜET (J.), J. C. — Professeur à l'École de médecine et de pharmacie de Rouen;
COSMANN, M. C. — Ingénieur des Arts et Manufactures; Inspecteur du mouvement au Chemin de fer du Nord;
DARCEL (A.), A.-D. — Administrateur de la Manufacture des Gobelins;
DECHARME, C. D. — Docteur ès-sciences, ancien professeur de physique et de chimie;
DÉPIERRE, J. D. — Chimiste;
DORRÉ, L. P. D. — Inspecteur principal au Chemin de fer de l'Est;
DULAC, L. D. — Ingénieur des Arts et Manufactures;
DU MONCEL (Comte), T. D. M. — Membre de l'Institut;
DUPONT (Paul), P. D. — Sous-Directeur de l'École de filature et de tissage de Mulhouse;
EMPEREUR, P. E. — Ingénieur des Arts et Manufactures;
FALIZE (L.), L. F. — Orfèvre;
FLAMMARION (C.), C. F. — Astronome;
FLAVIEN, Fl. — Ingénieur des Arts et Manufactures;
FOREST, H. F. — Ingénieur des Arts et Manufactures, chef du bureau des études au Chemin de fer du Nord;
FOUCHÉ, M. F. — Licencié ès-sciences, professeur au Lycée Henri IV;
GALL, H. G. — Chimiste;
GAND (Edouard), E. G. — Professeur de tissage à la Société industrielle d'Amiens;
GANTIN, J. G. — Ingénieur civil;
GAUTIER, Dr L. G. — Chimiste;
GAUTIER, F. G. — Ingénieur civil;
GÉRARD, P. G. — Chimiste du laboratoire du Ministère des finances,
GRANDVOINNET, J.-A. G. — Ingénieur des Arts et Manufactures, professeur à l'Institut national agronomique;
GUÉROUT, A. G. — Ingénieur électricien;
HAYEM (J.), J. H. — Manufacturier;
HENRY (J.-A.), J. A. H. — Fabricant de soieries,
JOUANNE, G. J. — Ingénieur des Arts et Manufactures;
KAINDLER, K. — Ingénieur civil;
LAGRANGE, J. L. — Graveur de la Monnaie;
LAMORT, L. — Ingénieur civil;
LEGOYT, A. L. — Ancien directeur de la statistique générale de France au Ministère de l'Agriculture et du commerce;
LEVEL, E. L. — Ingénieur civil;
LÉVY (Maurice), M. L. — Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées; Professeur à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures et au Collège de France;
MANTZ (P.), P. M. — Critique d'art;
MONMORY, F. M. — Architecte;
MOREL, M. — Ingénieur des tabacs;
NOGUÈS, A. F. N. — Ingénieur civil;
PERRET. — Directeur de la Condition des soies de Lyon;
PIETRA-SANTA (Dr de), Dr de P. S. — Inspecteur des Eaux du département de la Seine;
PONROY, I. P. — Manufacturier;
RAYNAUD, J. R. — Docteur ès-sciences, professeur à l'École supérieure de télégraphie;
RÉMONT, Alb. R. — Chimiste;
RENARD, L. R. — Chef du bureau des Renseignements commerciaux et de la Presse au Ministère du commerce;
RENOUARD, A. R. — Ingénieur civil, Secrétaire général de la Société industrielle du Nord;
RÉTY, Ch. R. — Homme de lettres;
RICHE, Alf. R. — Chimiste, Essayeur du Gouvernement;
RINGELMANN, M. R. — Répétiteur de Génie rural à l'École de Grandjouan;
ROMAIN, R. — Ancien élève de l'École polytechnique, Ingénieur civil des mines;
SAUNIER, C. S. — Directeur de la *Revue chronométrique*;
SÉE (E. et P.). — Ingénieurs civils;
TISSERAND (L.-M.), L.-M. T. — Chef du service historique de la ville de Paris.

DICTIONNAIRE

ENCYCLOPÉDIQUE ET BIOGRAPHIQUE

DE

L'INDUSTRIE ET DES ARTS INDUSTRIELS

C

***CHAUDRET.** *T. tech.* Cahier formé de feuilles de baudruche, entre lesquelles le batteur d'or place les quartiers de métal déjà amincis par le *caucher*. — V. Batteur, § *Batteur d'or*.

CHAUDRON. *T. Techn.* 1° Petite chaudière, ordinairement en cuivre, munie d'une anse qui sert à la suspendre, et d'un usage fréquent, soit dans l'économie domestique, soit dans les métiers.

— Les chaudrons de Dinant et d'Aurillac ont eu longtemps une grande réputation, ils étaient d'ailleurs fabriqués avec un art infini, et riches ou pauvres aimaient à en

Fig. 1. — *Chaudron du XV^e siècle.*

parer les murs et les tablettes des cuisines ou des salles basses. On voit par la forme de celui que nous représentons figure 1 que, dans ces ustensiles, l'utilité n'excluait point le goût.

|| 2° Espèce de tonneau coupé dans lequel le boyaudier fait tremper les boyaux. || 3° Genouillère de botte aussi haute en dedans qu'en dehors. || 4° Dans une cassolette, partie contenant les odeurs et sous laquelle on met le feu. || 5° Petite calotte de cuivre, clouée sur l'habitacle, percée de trous, pour donner passage à la fumée de la lampe.

CHAUDRONNERIE. *T. techn.* La chaudronnerie est l'art de travailler les produits métallurgiques pour en faire des pièces qui trouvent immédiatement leur application dans les usages industriels ou domestiques. Jusqu'en ces derniers temps, la chaudronnerie était généralement limitée au travail des tôles minces en fer, et surtout en cuivre pour les applications purement domestiques: tout le travail s'exécutait à la main, et l'ouvrier se guidait plutôt d'après une habitude instinctive que d'après des principes bien établis, de sorte que son habileté exerçait une influence entièrement décisive sur les résultats. Aujourd'hui, la chaudronnerie a transformé son outillage de manière à être en état de travailler les tôles les plus épaisses que lui livre la métallurgie, et elle est devenue une industrie des plus importantes dont toutes les autres sont tributaires en quelque sorte. C'est elle qui prépare tous ces récipients en tôle de fer ou de cuivre, comme on en rencontre aujourd'hui dans les distilleries, par exemple, les sucreries, les fabriques de produits chimiques, etc., et surtout les chaudières à vapeur, si multipliées maintenant, qui fournissent la force motrice dans les ateliers de toute nature, et supportent des

pressions atteignant parfois dix, douze et jusqu'à vingt-cinq atmosphères.

Cette même transformation qui s'est opérée dans le travail des tôles se retrouve également dans celui des barres. Les chaudronniers et les forgerons du moyen âge façonnaient le fer à la main avec une certaine individualité et souvent avec un réel talent d'artiste, tandis qu'aujourd'hui ils sont armés de puissantes machines qui leur permettent de travailler des barres de dimensions énormes, de courber les fers profilés par exemple, assembler les cornières, etc., pour constituer les grandes poutres des ponts métalliques.

On voit par là que la chaudronnerie comprend deux parties distinctes suivant la dimension des pièces qu'elle doit travailler.

La *grosse chaudronnerie* pour les usages industriels (travail de tôles épaisses pour la fabrication des *chaudières à vapeur* (V. CHAUDIÈRE A VAPEUR), et des divers récipients nécessaires dans les distilleries, sucreries, etc., ainsi que le travail des barres profilées et des cornières pour la fabrication des poutres métalliques.

La *petite chaudronnerie* pour les usages domestiques (confection des objets de cuisine et de ménage), exécutée entièrement à la main ou même aujourd'hui à l'étampe sur des pièces de petites dimensions.

La grosse chaudronnerie, à laquelle nous nous attacherons plus spécialement en raison de la grande importance industrielle qu'elle présente, s'applique surtout aux deux métaux principaux, le fer et le cuivre, qu'on peut obtenir en tôles ou barres épaisses, elle emploie des procédés un peu différents suivant les deux cas, et il y a lieu de les étudier séparément. Il importe toutefois de signaler, dès à présent, l'emploi qui se généralise de plus en plus, de l'acier fondu, dans la chaudronnerie. Ce métal nouveau, obtenu par fusion, est entièrement homogène, et généralement plus malléable que le fer. Toutefois il est à peu près privé de la propriété de se souder, et d'autre part, si le travail de chaudronnerie en est plus facile à certains égards, il est en même temps beaucoup plus délicat, et il y a lieu d'insister d'une manière toute spéciale sur les précautions qu'il exige.

Grosse chaudronnerie. TRAVAIL DES TÔLES DE FER. Les tôles de fer livrées par les usines sont généralement classées en six catégories différentes portant les numéros 2, 3, 4, 5, 6 et 7. Le numéro 2 correspond aux tôles de qualité inférieure qu'on emploie pour des pièces qui n'ont que peu de fatigue et n'exigent aucun emboutissage. Les numéros 3, 4 et 5 sont employés en général pour les corps cylindriques des chaudières; celles numéros 6 et 7 pour les plaques embouties; les tôles numéro 7 dites en fer au bois de qualité supérieure analogues à celles qui sont fabriquées dans les forges aux bas foyers d'Audincourt, ou de Commentry par exemple, sont réservées pour les pièces qui subissent une grande fatigue, et doivent en même temps être embouties sous des formes très compliquées. Ces différentes qualités sont déterminées généralement au moyen d'essais de pliage et d'essais à la traction.

Les tôles numéro 2 ne se plient guère à froid surtout quand elles ont une certaine épaisseur; les tôles numéros 4 et 5 supportent facilement un pli à froid de 100 degrés dans le sens longitudinal et de 150 degrés dans le sens transversal; les tôles numéro 7 peuvent souvent se rabattre complètement sans crique dans le sens du laminage.

A chaud, les angles de pliage sont naturellement beaucoup plus prononcés, la tôle numéro 2 peut supporter un pli de 100 degrés environ, et les tôles numéros 5, 6 et 7 se plient presque toujours complètement sans crique.

Dans les essais d'emboutissage, on peut fabriquer avec la tôle n° 6 des calottes sphériques ayant une flèche égale à dix fois l'épaisseur de la tôle, pour un diamètre trente fois plus grand, et à quinze fois pour la tôle numéro 7. Celle-ci supporte même la fabrication d'une cuve à fond plat avec arêtes vives.

Aux essais à la traction, la charge de rupture est de 32 kilogrammes en long et de 30 kilogrammes en travers, pour la tôle numéro 4 et de 36 et 34 kilogrammes pour la tôle numéro 7; l'allongement, qui est de 12 et 8 dans le premier cas, peut atteindre, avec la tôle numéro 7, 25 et 20 0/0 (en mesurant sur une longueur initiale de 100 millimètres seulement).

On sait que les tôles ne présentent pas la même résistance et qu'elles se travaillent beaucoup moins facilement dans le sens perpendiculaire, que dans le sens même du laminage, il importe donc beaucoup avant de travailler la tôle, de s'assurer du sens qu'elle présente. D'ailleurs, on a toujours soin dans la plupart des ateliers de désigner la première, en donnant les dimensions de la tôle dans une commande, celle qui correspond au sens du laminage.

Il importe également, surtout avec la tôle de fer qui n'est pas toujours homogène, de s'assurer que la pièce est bien saine sur toute la surface et ne présente aucune paille ou défaut de soudure capable d'amener une crique dans la pièce finie.

Les pièces de tôle sont souvent livrées déjà dégauchies par l'usine, en sortant du laminoir, et un léger planage suffit généralement pour les dresser.

En commençant son travail, le chaudronnier doit d'abord tracer sur la tôle le contour de la surface nécessaire, s'assurer qu'elle est suffisante pour les dimensions de la pièce finie, et ménager s'il y a lieu les recouvrements indispensables pour raccorder les tôles voisines, ainsi que pour placer les trous des rivets qui doivent les maintenir. Il procède ensuite aux opérations matérielles du découpage des feuilles suivant le contour définitif, perçage des trous de rivets, chanfreinage des tôles. D'autre part, celles-ci sont cintrées ou embouties et amenées aux formes qu'elles doivent recevoir, puis finalement assemblées et rivées. Pour obtenir un assemblage étanche, il est ensuite nécessaire de mater les bords des feuilles ainsi réunies, afin de refouler le métal dans les vides et les joints.

Les formes qu'on rencontre le plus généralement dans les tôles embouties peuvent se rattacher aux quatre formes principales suivantes : planes, cylindriques, coniques et sphériques.

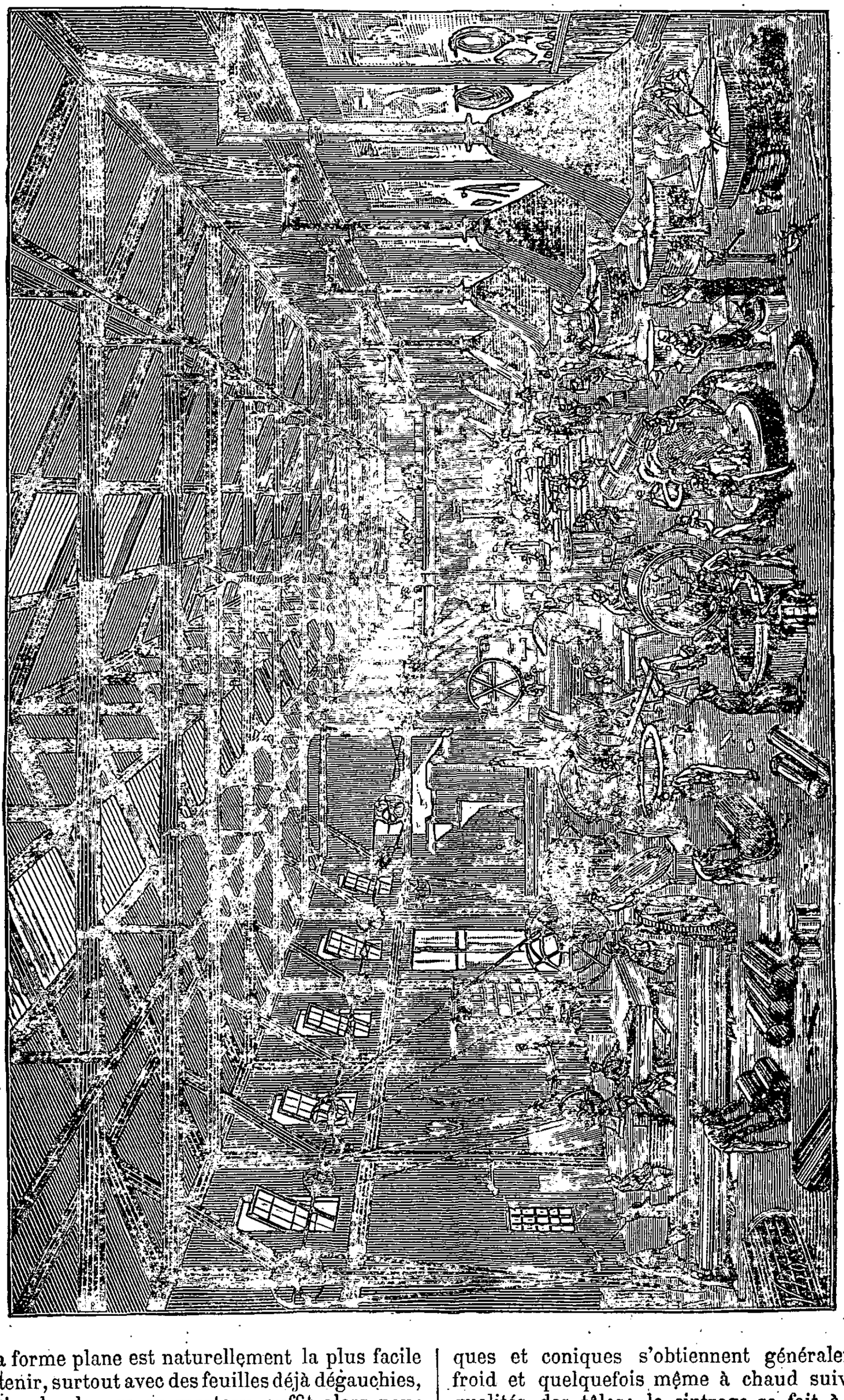


Fig. 2. — *Vue d'un atelier de chaudronnerie de tôle de fer (usine Egrot à Paris).*

La forme plane est naturellement la plus facile à obtenir, surtout avec des feuilles déjà dégauchies, un simple planage au marteau suffit alors pour les dresser convenablement. Les formes cylindriques et coniques s'obtiennent généralement à froid et quelquefois même à chaud suivant les qualités des tôles; le cintrage se fait à la machine, ou même à la main. La forme sphérique

s'obtient par le travail à la main; mais on emploie fréquemment aujourd'hui des matrices spéciales qui emboutissent la tôle en la comprimant sous l'action d'un pilon à vapeur ou d'une presse hydraulique commandée par un accumulateur.

Ainsi qu'on le voit par cet exposé sommaire, le travail de chaudronnerie d'une tôle exige souvent plusieurs opérations différentes qui peuvent néanmoins se résumer dans les six suivantes :

1° Traçage sur la feuille de tôle redressée du contour des surfaces nécessaires pour la préparation de l'objet fini, traçage de la position des rivets; 2° découpage des feuilles; 3° poinçonnage et perçage des trous de rivets; 4° chanfreinage; 5° chauffage des feuilles; 6° cintrage et emboutissage suivant les formes exigés; 7° assemblage des feuilles et rivetage; 8° matage.

Nous représentons dans la figure 2 la vue d'un atelier de chaudronnerie où le lecteur pourra retrouver facilement les principales opérations que nous allons décrire.

1° *Traçage des tôles*. Le traçage des tôles n'est pas toujours facile, il exige de la part de ceux qui sont chargés de la conduite d'un atelier de chaudronnerie certaines connaissances de géométrie élémentaire, et même souvent de géométrie descriptive qui les mettent en état d'exécuter le travail promptement et avec le moins de déchet possible; aussi ne confie-t-on généralement cette opération qu'à des hommes habitués à lire et à exécuter un dessin. Le chaudronnier reproduit pour ainsi dire sur la tôle en détail et en vraie grandeur, les dessins de la pièce à fabriquer d'après les données qui lui sont fournies par l'ingénieur chargé de l'étude. Les procédés de traçage varient évidemment avec la nature des surfaces; pour celles qui sont développables comme les viroles de corps cylindriques de chaudières à vapeur, on se contente d'employer le cordeau, tandis que pour les surfaces non développables exigeant un emboutissage de la tôle, il faut que l'ouvrier possède une grande habitude pour bien déterminer sur la tôle plane, la forme et la surface nécessaire s'il veut éviter un emboutissage trop difficile capable d'amincir la tôle en quelques points. D'ailleurs, dès qu'on a un certain nombre de pièces à exécuter, il est préférable de préparer des gabarits afin d'éviter des déchets coûteux.

On a toujours soin de tirer à l'avance au cordeau les deux axes perpendiculaires de la tôle, ce qui facilite beaucoup le traçage des pièces rectangulaires, puisqu'il suffit de porter de chaque côté des axes la largeur convenable. D'autre part, dans le tracé des tôles qu'on doit assembler par recouvrement, il faut ménager sur les bords l'espace nécessaire pour les pinces: on donne généralement à cet effet, une fois et demie à deux fois le diamètre des rivets d'assemblage. Autrement, on se borne à assembler les tôles bout à bout, et on les relie à l'aide d'un couvre-joint.

On trace également sur les tôles l'axe des rivets, conformément aux dessins, et on pointe leur espacement. Il convient d'éviter dans le tracé de donner aux pinces une largeur exagérée, car le matage devient alors plus difficile, et les rivets ne serrent pas suffisamment. Il faut, en outre, éviter de mettre les pinces longitudinales des viroles successives d'une chaudière sur une même ligne, il est préférable de les alterner en les reportant tantôt à droite tantôt à gauche de l'axe, on donne ainsi plus de cohésion à l'ensemble de la chaudière et l'on évite qu'il y ait trop d'épaisseur de tôle aux points de jonctions réunis par un même rivet. Enfin, on s'attache également à les placer au-dessus du niveau de l'axe de la chaudière, et surtout à ne pas laisser à l'intérieur de bord saillant formant une petite rainure sur laquelle l'eau pourrait séjourner après que la chaudière serait vidée, ce qui déterminerait une érosion rapide de la tôle dans cette région.

Le diamètre et l'écartement des rivets et même la largeur des pinces ne sont pas déterminés d'après des règles bien précises mais elles ne s'écartent guère des rapports définis par les données suivantes :

$$d = 4^{m/m} + 1{,}5e.$$
$$p = 10^{m/m} + 2d,$$
$$E = 1{,}5d.$$

d diamètre du rivet,

e épaisseur de la tôle,

E largeur de la pince, mesurée à partir du centre du rivet,

p distance d'axe en axe des rivets.

Les joints horizontaux qui fatiguent davantage sont toujours maintenus par des rivures doubles dont les rivets sont disposés en quinconce, les joints transversaux n'ont souvent qu'une rangée de rivets; on n'emploie presque jamais en France les rivures à double joint qui cependant fatigueraient moins les tôles.

Dans la rivure double, la résistance atteint en général, d'après les expériences les plus récentes, 70 0/0 de la résistance en pleine tôle, et avec une rivure simple, elle est de 40 0/0 seulement, même lorsque les rivets sont posés avec toutes les précautions nécessaires, et il convient toujours d'avoir égard à ces réductions dans l'établissement de la chaudière. (Richard et Baclé, *Manuel du mécanicien*.)

2° *Découpage des tôles*. Les grosses tôles sont découpées à la cisaille lorsque les contours sont droits et ne présentent pas d'angle rentrant. Nous ne nous étendrons pas ici sur ces machines auxquelles nous consacrons plus loin un article spécial (V. Cisaille), nous dirons seulement qu'elles ont reçu, ces dernières années, des perfectionnements considérables par l'emploi des pressions hydrauliques.

On rencontre aujourd'hui, en effet, des types de cisailles qui se manœuvrent avec beaucoup plus de docilité que les cisailles à vapeur ou actionnées par transmission; on peut en suspendre l'action en un point quelconque de la course du couteau mobile, de manière à suivre exactement et même jusque dans les angles rentrants un contour brisé tracé sur la tôle. Nous signalerons, par exemple, la cisaille hydraulique remarquable par son bâti si bien dégagé pour faciliter les manœuvres, qui est employée pour les grosses tôles de cuivre dans

les ateliers de l'usine de Biache-Saint-Waast (Pas-de-Calais). La figure 3 représente un type de *cisaille* hydraulique de M. Tweddel, de Chester, dont les machines reçoivent aujourd'hui une application si étendue dans tous les grands ateliers de construction. Celle-ci, dont le fonctionnement se comprend à la simple inspection de la figure, remplace en quelque sorte 3 machines réunies, une double cisaille dont l'une pour tôles et l'autre pour fer à cornières, ainsi qu'une machine à poinçonner pour percer les trous de rivets, par exemple. Parmi les types les plus intéressants de cisailles actionnées par transmissions mécaniques, nous citerons, par exemple, celui de M. Le Blanc, représenté dans la figure 4, qui également est disposé de manière à pouvoir couper des tôles de grande épaisseur, atteignant jusqu'à 20 millimètres et

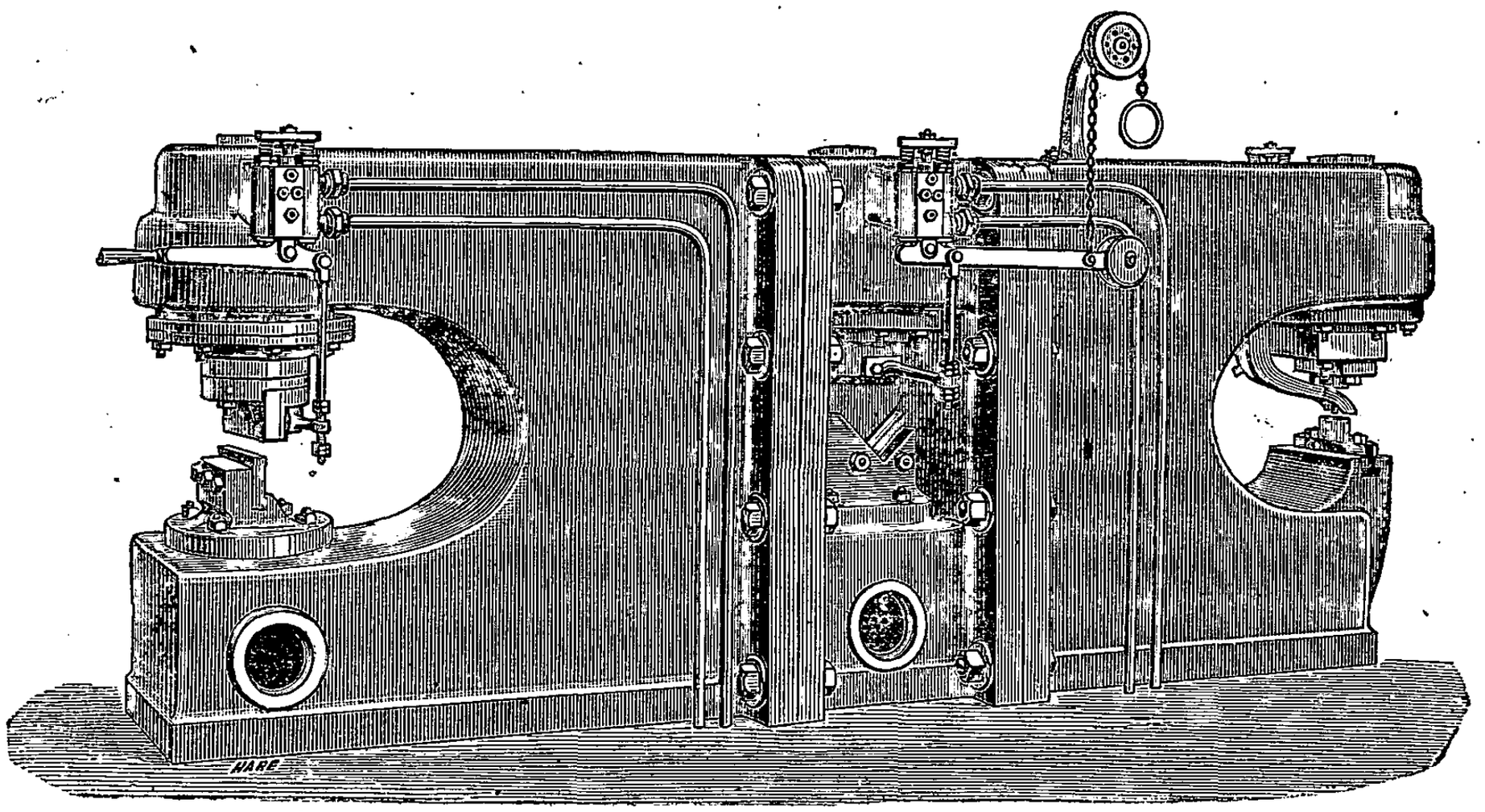


Fig. 3. — *Cisaille hydraulique.*

proportionné à l'épaisseur de la tôle, présente toujours une forme un peu conique afin de dégager plus facilement la débouchure. Il est muni à l'avant d'une partie conique formant pointeau qui vient s'adapter dans les trous pointés à l'avance pour éviter toute erreur.

Lorsqu'on a un grand nombre de tôles semblables à découper, comme les longerons de locomotives par exemple, on trace d'abord chacun d'eux à l'aide d'un gabarit, on pointe le contour extérieur de la surface à enlever, on perce une série de trous tangents à la ligne ainsi tracée et aussi rapprochés que possible. Les longerons ainsi poinçonnés sont ensuite mis en paquets de 6 ou 8, suivant leur épaisseur, et sont portés à la machine à mortaiser pour enlever la matière laissée entre les trous du poinçon. Le paquet est ébauché dans une première passe avec un outil arrondi, et on termine ensuite le contour définitif au moyen d'un outil à face plane qui dresse convenablement les parties ébauchées.

suivant des lignes quelconques saillantes ou rentrantes. Cette cisaille est formée par deux couteaux circulaires en acier, de $0^m,415$ de diamètre, qui tournent au contact et sont animés d'une vitesse de rotation très considérable.

3° *Poinçonnage.* Lorsque la tôle à découper présente des évidements, on ne peut plus opérer avec les cisailles ordinaires, et il faut alors avoir recours à la machine à poinçonner. Le bâti de cette machine (V. POINÇONNEUSE) présente d'ailleurs beaucoup d'analogie avec celui de la cisaille, elle peut être commandée comme celle-ci à la main, par une transmission de mouvement ou par la pression hydraulique ; le couteau mobile est seulement remplacé, comme on sait, par un poinçon en acier qui force en s'enfonçant la tôle dans une matrice. Ce poinçon, dont le diamètre doit être

Perçage. La tôle ainsi découpée est ensuite percée d'un certain nombre de trous, prévus dans le traçage, pour la pose des rivets.

Dans les ateliers de chaudronnerie bien organisés, qui ont des hommes spéciaux habitués au traçage, le perçage s'opère avant le cintrage des tôles ; dans le cas contraire, on perce les trous sur les feuilles extérieures, et on achève le perçage des tôles intérieures au moment de l'assemblage, mais c'est là une manière d'opérer beaucoup moins expéditive, et on y a recours seulement dans les petits ateliers, dont le personnel n'a pas une pratique suffisante de l'art de la chaudronnerie. Lorsque les tôles doivent rester planes, il n'y a pas de difficultés à percer tous les trous à l'avance, puisqu'ils conservent tous le même écartement, mais si les feuilles doivent être cintrées, les tôles intérieures et extérieures n'ont plus un développement égal et il y a lieu de tenir compte de cette différence dans le traçage pour qu'après le cintrage les trous viennent bien se correspondre.

Le perçage des trous s'opère dans les ateliers de deux manières différentes qui n'offrent pas les mêmes inconvénients, au poinçon ou au foret.

Le poinçon dont nous avons déjà parlé plus haut à propos du découpage des tôles assure une plus grande rapidité dans le travail, mais il présente d'autre part l'inconvénient d'aigrir fortement la tôle dans toute la région fatiguée par l'outil, et on peut estimer que la résistance s'abaisse parfois sous l'action du poinçon à près de 40 0/0 de sa valeur en pleine tôle. Il semble qu'il se produise alors sur les bords du trou une série de petites criques qui deviennent des commencements de déchirures et en même temps des causes de fuites pour l'avenir. Cette action du poinçon est beaucoup plus dangereuse encore sur l'acier fondu dont elle altère l'homogénéité, et nous aurons à y revenir plus loin en parlant du travail de chaudronnerie de ce métal. Ces inconvénients sont assez graves pour que la marine et certaines compagnies de chemins de fer interdisent absolument l'emploi du poinçon pour le perçage des tôles de

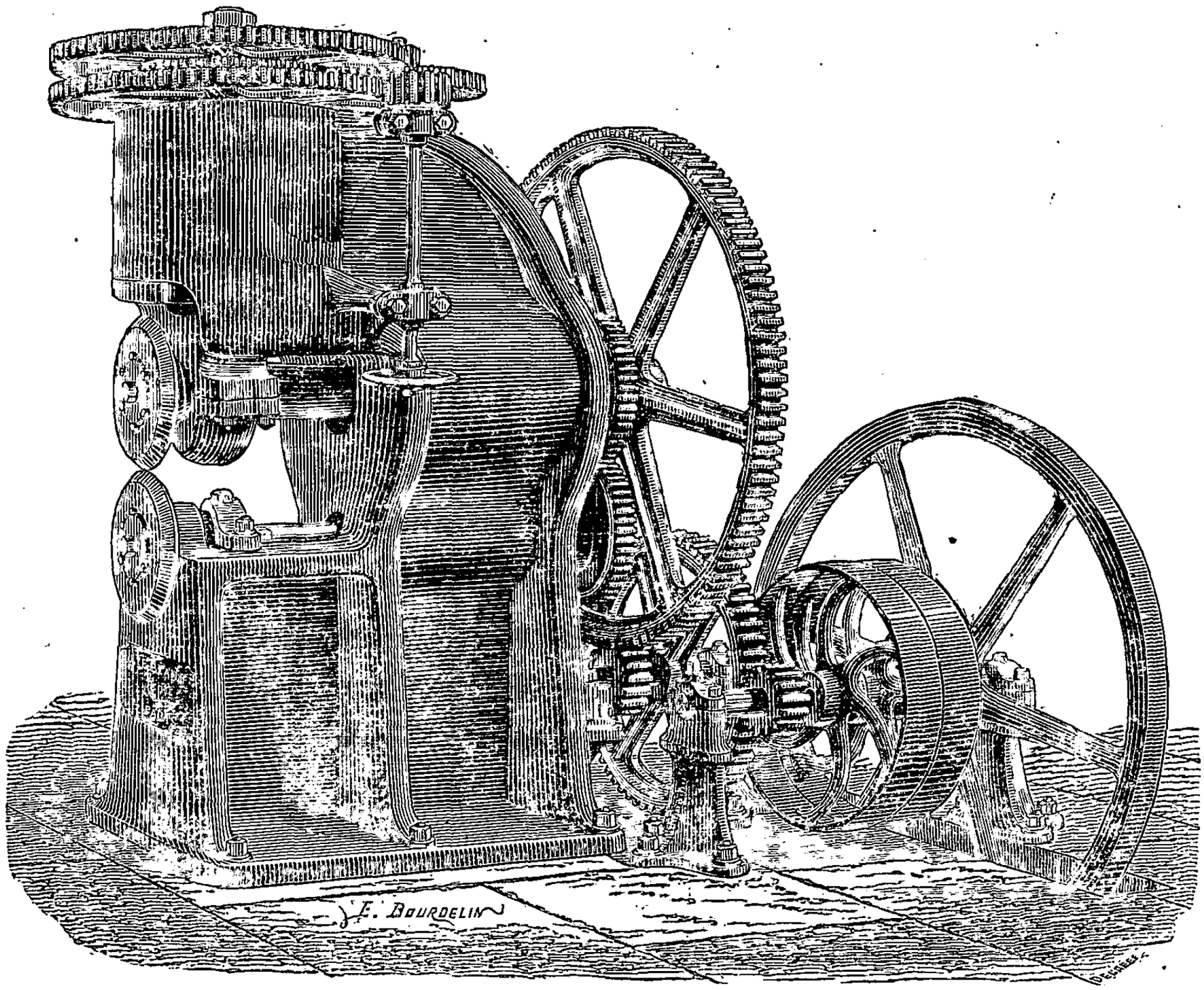


Fig. 4. — *Cisaille pour tôle de grande épaisseur.*

chaudières, et il y a lieu de penser que cet exemple se généralisera de plus en plus dans l'avenir. Quoi qu'il en soit, il ne faut pas oublier, dans le perçage au poinçon, que le trou pratiqué par l'outil est toujours un peu conique et présente un diamètre un peu plus grand du côté où est la débouchure, et il convient dès lors dans le tracé de réserver pour la face extérieure de la tôle le plus petit diamètre de ce cône, afin de faciliter la sortie des rivets qui viendraient à casser pendant le travail. Cette précaution deviendrait superflue si on avait soin d'aléser les trous pour les rendre bien cylindriques ; il faut en outre avoir soin d'ébarber les bords et d'enlever les angles vifs qui pourraient couper les rivets. Il est toujours préférable d'exécuter cet alésage à la machine radiale pour obtenir des trous réguliers, lisses et surtout bien ronds, ce qui ne pouvait se faire à la main avec le tourne à gauche.

Le perçage au foret plus long et dispendieux que le perçage au poinçon, présente des garanties de sécurité qui doivent toujours le faire préférer, comme nous le disions pour les tôles de chaudière. Il a l'avantage de donner des trous d'un diamètre bien uniforme, et surtout de ne pas altérer gravement la tôle comme le fait le poinçon. Si on veut néanmoins poinçonner le trou, il faut toujours au moins ménager sur les bords une petite zône de quelques millimètres de diamètre, comme l'a recommandé M. Barba, et on la dé-

tache ensuite au foret pour amener le trou à son diamètre définitif; on supprime ainsi toutes les fissures que pourrait recéler le métal. Même en employant le foret, il est toujours nécessaire d'abattre les bavures à la fraise pour ne pas déchirer les rivets. Si les trous ne coïncidaient pas bien au moment de l'assemblage, il faudrait les maintenir au moyen d'une broche, ou mieux d'un alésoir qui fatiguerait moins le métal.

4° *Chanfreinage*. La tôle découpée et percée est ensuite chanfreinée, c'est-à-dire que les bords sont taillés en biseau pour faciliter le matage. Cette opération se pratique à la main pour les tôles minces et à l'aide d'une machine à raboter convenablement disposée pour les grosses tôles ; il faut seulement veiller à ce que la tôle ne soit pas gauchie dans l'opération; une passe ou deux suffisent ordinairement pour effectuer le travail. Le chaufreinage s'opère également à la main sur le corps de chaudière, après le rivetage.

5° *Chauffage des feuilles*. La tôle destinée à l'emboutissage est généralement chauffée dans des fours à réverbère disposés de manière à répartir la chaleur aussi uniformément que possible, pour éviter toute surchauffe locale capable d'altérer l'homogénéité du métal ; cette condition devient particulièrement indispensable avec l'acier fondu, comme nous le dirons plus loin. Avec les tôles en fer forgé, on se sert quelquefois des feux de forge ordinaires, mais il faut alors évidemment apporter une grande attention pour ne pas brûler la tôle dans les régions chauffées, et éviter également les variations locales et trop brusques de température.

6° *Cintrage*. Le cintrage des tôles s'opère souvent à froid, à moins qu'elles ne soient de qualité inférieure. La machine employée à cet effet est une sorte de laminoir à trois cylindres de même diamètre. Le cylindre supérieur peut être rapproché ou écarté plus ou moins des cylindres inférieurs, suivant la courbure qu'on veut donner à la tôle. La machine que nous représentons par la figure 5

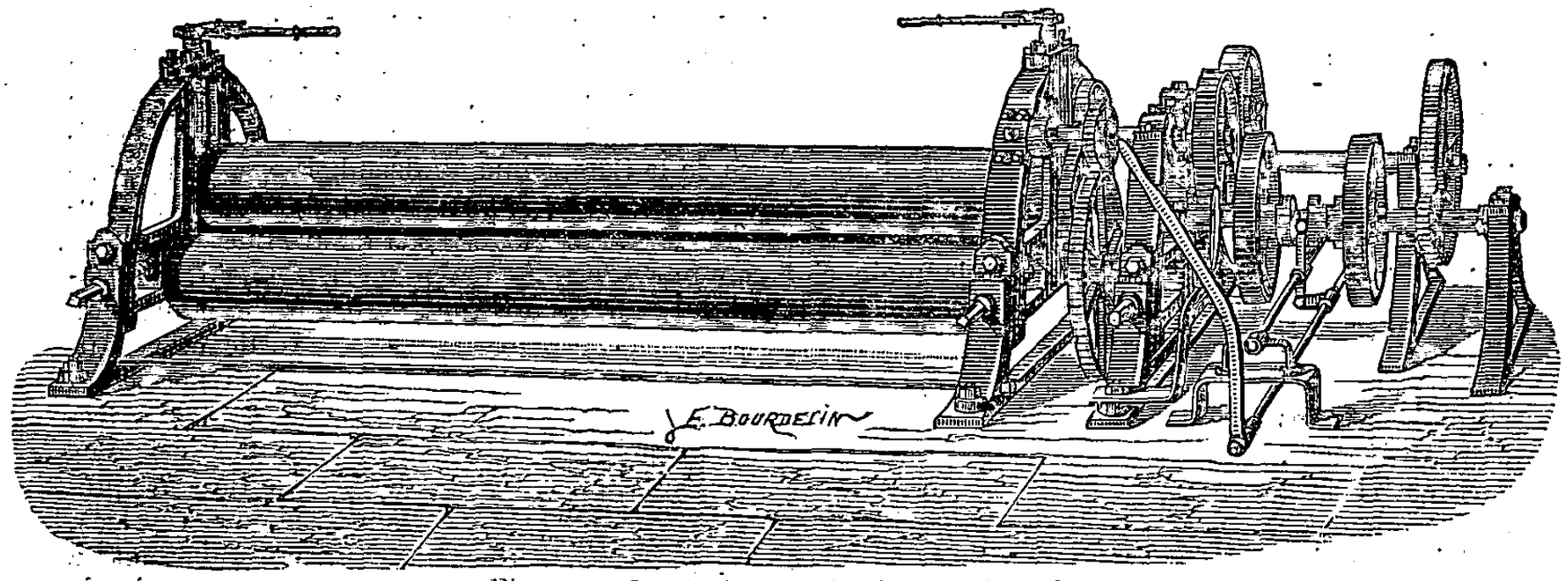


Fig. 5. — *Laminoir pour le cintrage des tôles.*

est disposée d'une manière analogue. Elle peut cintrer des tôles ayant jusqu'à 30 millimètres d'épaisseur, avec des cylindres ayant $0^m,420$ de diamètre, et $4^m,05$ de longueur.

Pour supprimer le cintrage et les joints longitudinaux, quelques usines ont essayé de fabriquer directement au laminoir, sous une forme annulaire, les viroles des corps cylindriques de chaudières. Toutefois cette tentative curieuse et intéressante, dont l'initiative est due à M. Webb, ne s'est pas encore répandue effectivement dans la pratique, car elle paraît trop dispendieuse.

Emboutissage. Les tôles d'une certaine épaisseur sont toujours embouties à chaud. C'est là une opération des plus délicates qui exige pour les formes un peu compliquées des tôles de qualité supérieure, et qui mesure en quelque sorte la qualité des tôles. D'autre part, le succès dépend aussi beaucoup de l'habileté des ouvriers, il faut employer des hommes habiles, sachant travailler la tôle et la marteler sans la criquer, la déformant méthodiquement, en un mot, sans lui imposer jamais une fatigue exagérée, évitant en chauffant la tôle de dépasser jamais la température de travail pour ne pas la brûler, et sachant en outre s'arrêter avant qu'elle ne soit trop refroidie.

Quand on emboutit à la main, on emploie presque toujours des maillets en bois pour ne pas trop fatiguer le métal et on applique généralement la tôle sur des matrices en fonte qui présentent en creux ou en relief la forme de la pièce finie. On termine habituellement en employant le marteau et la *chasse à parer*. Plusieurs chaudes sont souvent nécessaires pour amener les tôles à leur forme définitive, afin de n'avoir pas à les travailler quand elles sont trop froides. Le travail d'emboutissage à la main fatigue beaucoup la tôle et entraîne souvent des différences d'épaisseur très considérables qui peuvent déterminer des criques dans les parties étirées.

Aujourd'hui les grands ateliers de construction n'hésitent pas à installer de grandes presses hydrauliques pour emboutir les tôles. On obtient ainsi un effort plus régulier, réparti uniformément sur toute la surface, qui fatigue moins la tôle et qu'on peut régler à volonté de manière à donner des déformations successives, préparant graduellement la forme définitive. La surface de la tôle reste beaucoup plus lisse et conserve une épaisseur

uniforme, comme nous le disions plus haut, on évite en même temps toutes les criques et fissures

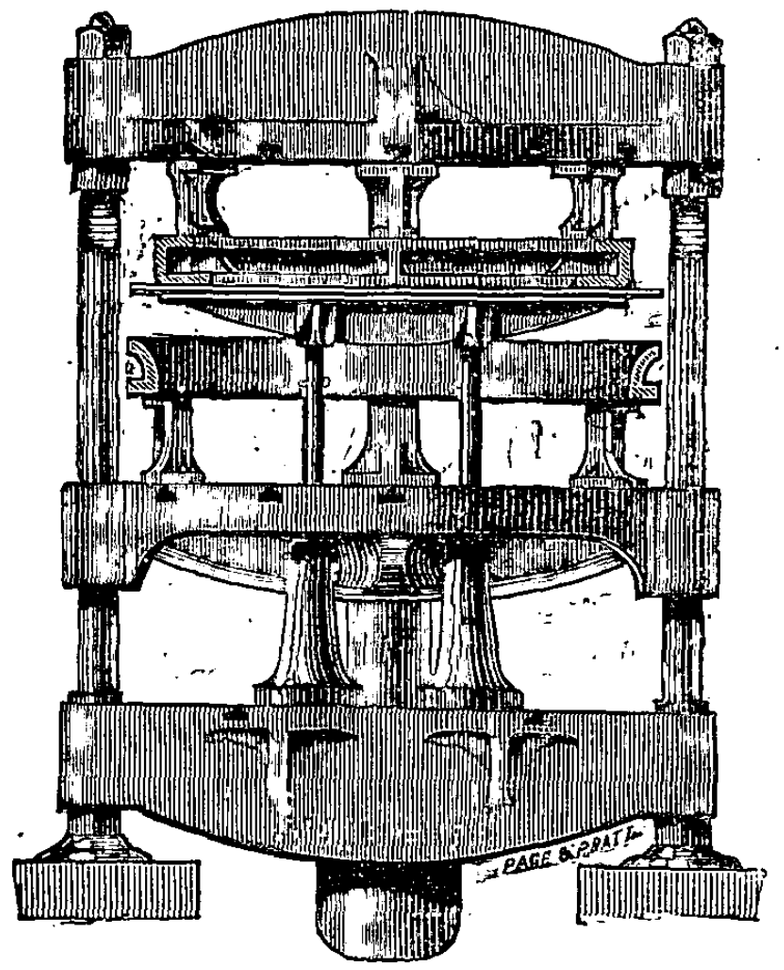


Fig. 6. — *Presse pour rabattre les bords des plaques tubulaires.*

qu'entraîne souvent l'emboutissage à la main si soigné qu'il soit. Cette méthode a seulement l'inconvénient d'exiger un outillage encombrant et dispendieux, puisqu'il faut avoir autant de matrices qu'on veut conserver de formes intermédiaires entre la tôle plane et l'objet fini; mais elle donne des produits beaucoup mieux exécutés, et c'est à elle qu'est due souvent la renommée des grands ateliers qui y ont recours.

Nous avons représenté, par exemple, dans la *figure 6*, la vue extérieure d'une machine à rabattre les bords des tôles de plaques tubulaires, appliquée dans les ateliers de la maison Piedbœuf, à Dusseldorf. On voit la tôle plane à rabattre, avec la matrice et le poinçon sur lesquels on a ménagé des courbes adoucies pour obtenir un emboutissage progressif et éviter les angles saillants. Nous donnons également figure 7, la vue extérieure d'une presse disposée d'une manière analogue pour l'emboutissage des plaques tubulaires.

Nous avons donné également, figures 8 et 9, la coupe et la vue extérieure d'une emboutisseuse

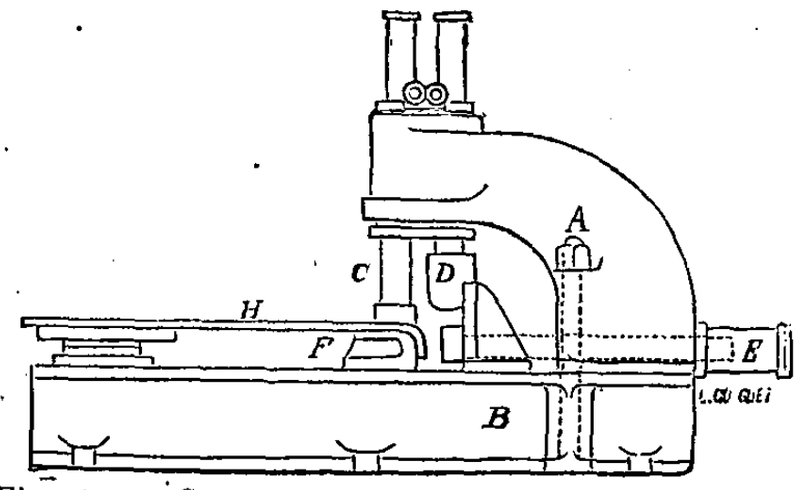


Fig. 8. — *Coupe de l'emboutissage à trois pistons représentée figure 9.*

hydraulique (type Tweddel) qui permet de travailler de grandes tôles sans multiplier outre mesure le nombre de formes. Cette machine est en service dans les grands ateliers de construction des navires de la Compagnie Walsend Hipuray de Newcastle-sur-Tyne, et elle est appliquée pour l'emboutissage des tôles en acier fondu. Elle comprend, comme on le voit sur la coupe, trois pistons actionnés par la pression hydraulique dont deux verticaux C et D, et un horizontal E. La tôle à travailler est emboutie, à plusieurs reprises, en rabattant à chaque fois le bord sous l'action de ces pistons. Pour emboutir un fond de chaudière, par exemple, on chauffe la tôle sur une longueur de 1m,50, puis on l'amène sur une étampe en forme de segment de cercle; quand la pièce est en position, on abaisse le premier piston vertical qui joue le rôle d'étau et empêche ainsi tout entraînement de la tôle; on abaisse ensuite le second qui est terminé par une tête de forme spéciale pour rabattre la tôle sur le bord de l'étampe. Cette opération

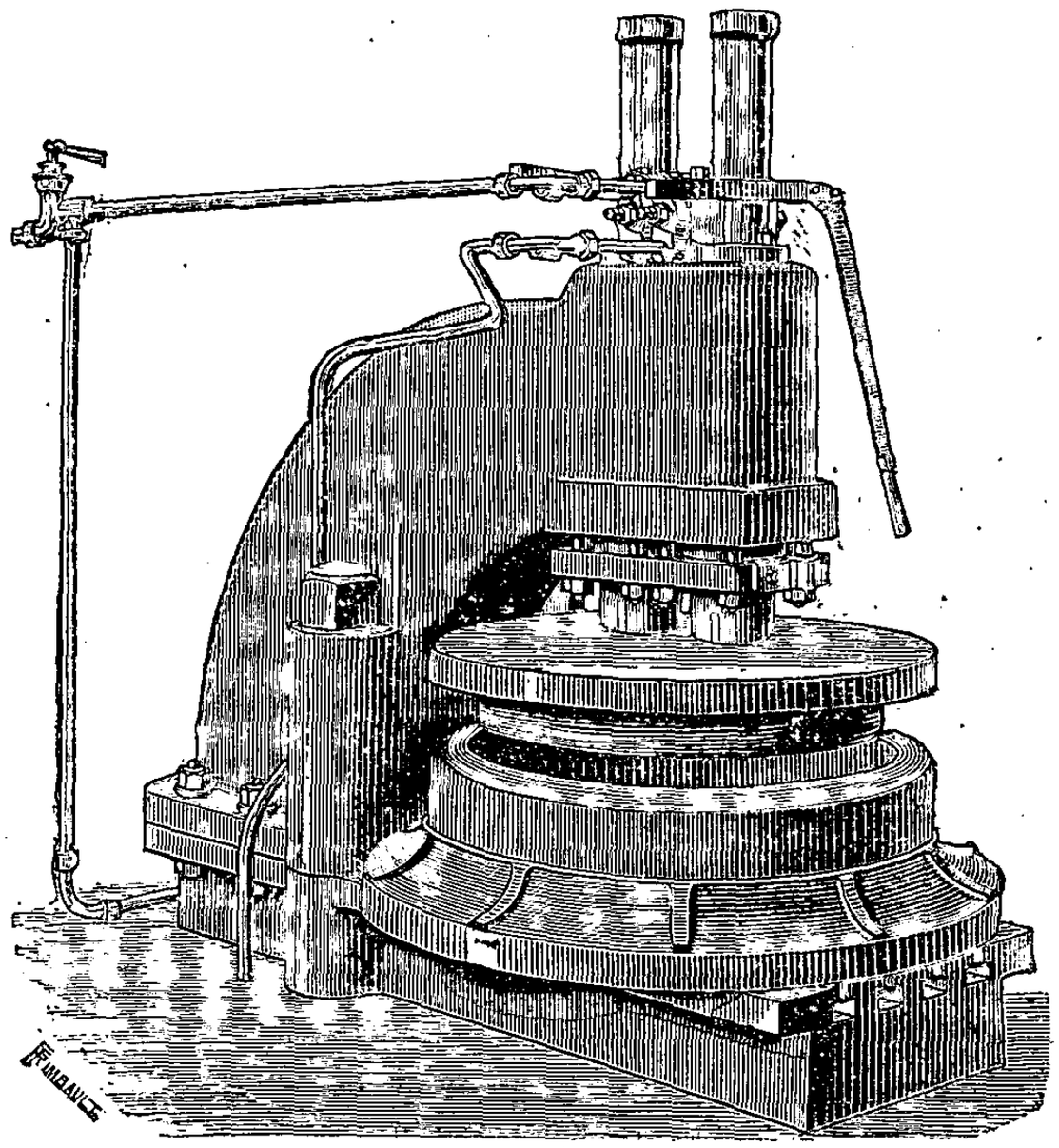


Fig. 7. — *Presse pour rabattre les bords des plaques tubulaires.*

terminée, on relève les deux pistons et on fait tourner la plaque autour d'un pivot pour présenter à l'outil une nouvelle surface, on répète la manœuvre précédente, et on arrive ainsi à rabattre toute la partie de la tôle qui a été chauffée. Après que le bord est ainsi rabattu, on fait agir le piston horizontal, en lui présentant successivement toutes les parties de la collerette de manière à faire disparaître toutes les irrégularités.

Certains ateliers opèrent l'emboutissage au pilon à vapeur au lieu d'avoir recours aux presses hydrauliques qui exigent une installation dispendieuse. L'emploi du pilon à vapeur demande une grande habileté de la part des ouvriers, car l'effort du pilon devient plus difficile à régler, il exige aussi le même outillage encombrant d'étampes et de matrices, mais, d'autre part, il est plus rapide que l'emboutissage à la presse, et comme il permet en même temps de marteler la pièce une fois arrivée à sa forme définitive, il paraît même préféré par certaines usines pour le rabattage des bords des plaques tubulaires, par exemple.

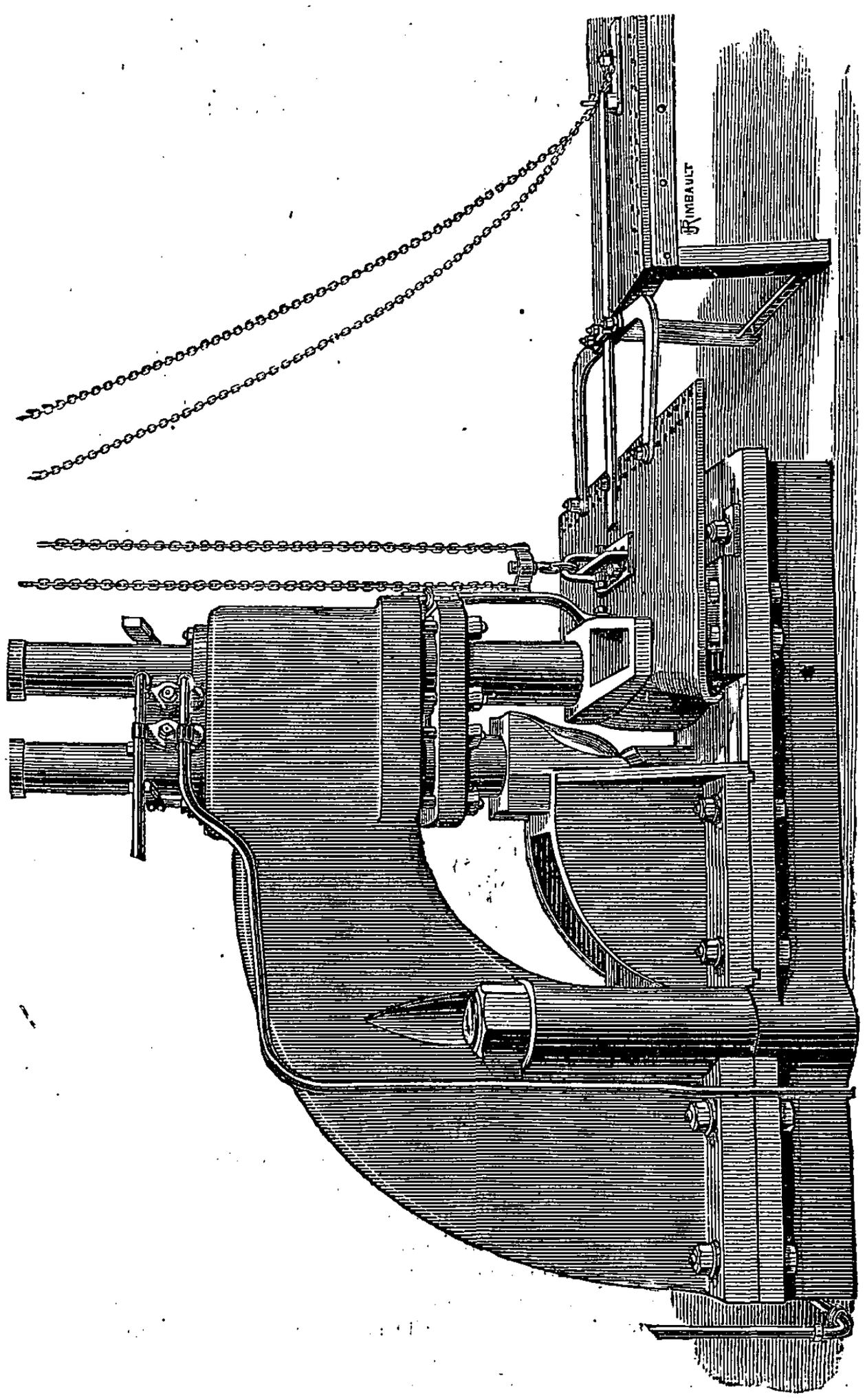


Fig. 9. — *Emboutisseuse à trois pistons hydrauliques des ateliers de Newcastle-sur Tyne. Vue extérieure.*

Le pilon porte généralement en creux la forme de la pièce reproduite en relief sur l'étampe de manière à emboutir la tôle dans les mêmes conditions qu'à la presse. Un pilon d'un poids de 25 tonnes suffit en général pour préparer des fonds de chaudières de sucreries dont le diamètre dépasse quelquefois deux mètres et dont l'épaisseur au centre atteint souvent dix millimètres. Les calottes de dôme sont ainsi défoncées dans des tôles auxquelles on arrive par là à donner une flèche souvent supérieure au rayon.

Lorsqu'on veut obtenir des pièces en forme de calotte présentant au centre un surcroît d'épaisseur considérable, il est nécessaire de préparer à cet effet, à l'avance, la tôle et de l'amincir sur les bords. Cette opération sur laquelle nous reviendrons plus loin en parlant des tôles de cuivre, se présente assez rarement sur les tôles de fer; nous citerons, par exemple, le cas des creusets en fer, servant au traitement de l'argent au Mexique, et qui sont préparés par emboutissage, en ménageant au centre un surcroît d'épaisseur de cinq millimètres environ. La tôle plane est tournée à cet effet sur les bords, et on y laisse seulement une épaisseur inférieure de quelques millimètres à l'épaisseur définitive, car le métal se trouve refoulé extérieurement sous l'action du pilon emboutisseur.

7° *Montage et assemblage*. Les tôles ainsi préparées sont ensuite assemblées dans leur position

définitive. Comme exemple de cette opération, nous décrirons le montage d'une chaudière locomotive.

Les viroles du corps cylindrique sont d'abord assemblées à l'aide de boulons, puis on les emmanche, en ayant soin de ménager un peu d'entrée pour faciliter le montage ; on les maintient avec des boulons qui répartissent le jeu sur toute la circonférence, et amènent les trous des rivets bien en coïncidence ; après quoi, on alèse les trous et on procède au rivetage.

Pour la boîte à feu, on fixe d'abord les plaques sur le cadre du foyer, et on les assemble entre elles à l'aide de boulons, en ayant soin de bien faire coller les pinces à chaud avant d'opérer le rivetage. Souvent, pour plus de rapidité, on laisse au rivetage le soin de ramener les tôles, mais c'est toujours au détriment de la solidité de la rivure qui se trouve fatiguée par la tension des feuilles. La boîte à feu, étant montée et rivée, à l'exception du cadre, on procède ensuite à l'assemblage et au rivetage du corps cylindrique ; et on emmanche enfin le foyer qui est rivé avec le cadre du bas et celui de la porte du foyer.

Rivetage. Les tôles assemblées sont ensuite rivées à la main ou à la machine. Pour le rivetage à la main qui est encore fréquemment employé, le rivet porté au rouge blanc et posé dans le trou y est maintenu sur la tôle par un ouvrier qui le soutient à l'aide d'un tas, tandis que deux ouvriers riveurs, placés de l'autre côté, frappent rapidement avec un marteau sur l'autre extrémité pour refouler le métal et former une nouvelle tête. Celle-ci est ensuite achevée, soit à la bouterolle à main, soit au marteau (V. Rivet). Le rivetage au marteau exige des ouvriers particulièrement habitués à ce travail, il est en même temps plus long et dispendieux que le rivetage à la bouterolle, toutefois il présente beaucoup plus de garantie d'étanchéité, car le rivet est toujours achevé à basse température, et le métal n'a plus aucune tendance à se déformer, comme le fait se produit quelquefois dans le rivetage à la bouterolle ou avec des riveuses mécaniques dont le piston refouleur, arrivé à l'extrémité de sa course, peut abandonner le rivet encore chaud.

Toutefois, en rabattant la tête au marteau, il faut éviter de descendre au-dessous d'une température de 160° environ, pour ne pas écrouir le métal refroidi. Dans les grands ateliers qui ont dû renoncer au rivetage à la main pour obtenir plus de rapidité de travail, on emploie aujourd'hui avec succès des machines hydrauliques, et on y retrouve, en effet, les mêmes avantages que pour l'emboutissage des tôles et les autres opérations de chaudronnerie. On dispose d'une pression considérable qu'on peut graduer à volonté et maintenir appliquée sur la tôle du rivet jusqu'à ce qu'il soit complètement refroidi, et on évite ainsi sûrement toute fuite. Nous avons représenté par la figure 10 la coupe d'une riveuse hydraulique Tweddel, employée pour viroles de grandes chaudières. La disposition de cette machine se comprend immédiatement d'après le dessin : la virole, maintenue verticale, est supportée par une grue qui permet de l'élever ou l'abaisser de manière à amener successivement chaque rivet devant le piston de la presse. Dans cette machine, les deux bouterolles sont complètement dégagées et peuvent venir prendre les rivets contre la paroi même du corps cylindrique, dans des conditions beaucoup plus faciles qu'avec la plupart des riveuses ordinaires.

Nous avons représenté également (fig. 11 et 12) la vue d'une petite riveuse à air comprimé, fonctionnant sous des pressions de 1 kilogramme à 1 kilog. 1/2. Cette machine est portative et peut se mettre en place sans aucune difficulté, elle rend de grands services pour river les chaudières et surtout les treillis des poutres de ponts ou de navires. L'emploi de ces riveuses à pression constante, obtenue par l'air comprimé et surtout par pression hydraulique, présente des avantages décisifs, principalement pour des rivets très longs comme ceux qu'on rencontre souvent dans les ponts métalliques et qui ont quelquefois à réunir six et même huit à dix épaisseurs de tôle, et même pour les gros rivets de chaudières qui doivent être refoulés très soigneusement pour donner un assemblage bien étanche. Nous étudions au mot Rivet le fonctionnement et la disposition des principaux types de riveuses hydrauliques et nous insisterons sur les avantages qu'elles présentent sur le rivetage à la main ; mais dès à présent nous devons dire qu'elles ne suppléent en aucune manière aux précautions d'ajustage et de pose, ni aux soins méticuleux qu'il faut toujours apporter dans le choix et la réception des tôles et des rivets et le perçage de celles-ci, comme nous l'avons dit plus haut.

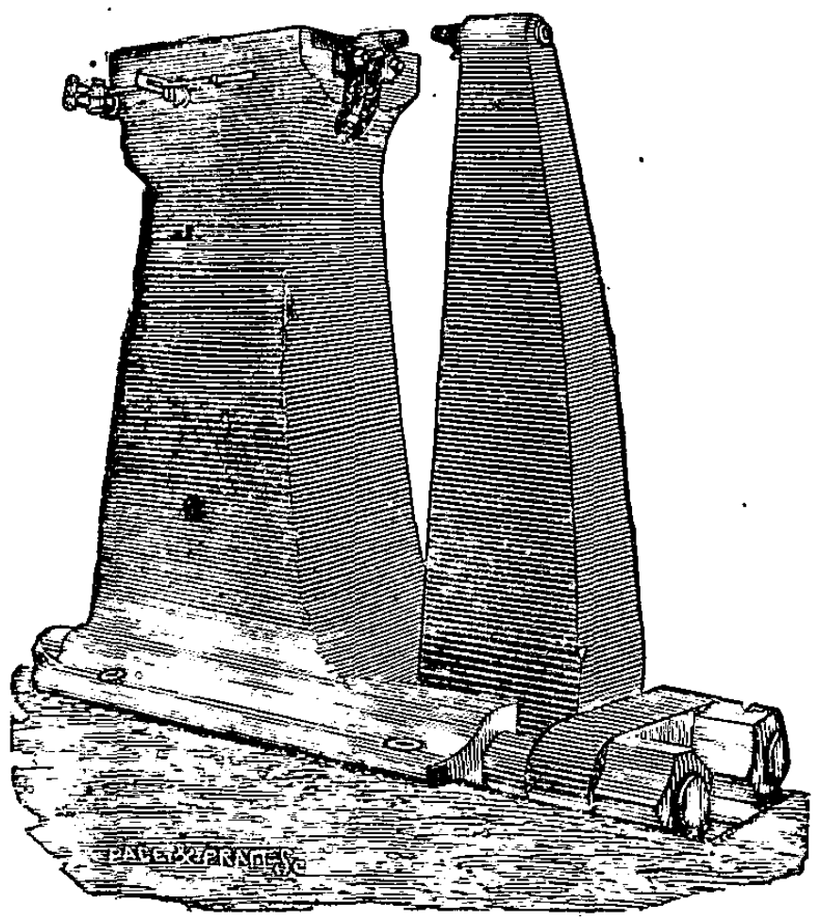


Fig. 10. — *Type de riveuse Tweddel.*

8° *Matage.* Le travail de chaudronnerie doit toujours se terminer par un matage soigné absolument indispensable pour prévenir les fuites. L'ouvrier, chargé de cette opération, est armé d'un marteau à main et d'un matoir qui reçoit

les coups, et il s'en sert pour refouler les bavures du métal dans les vides et amener exactement les pinces au contact, il bouche, en un mot, les fuites qui auraient pu se produire, et il a soin également de mater les rivets.

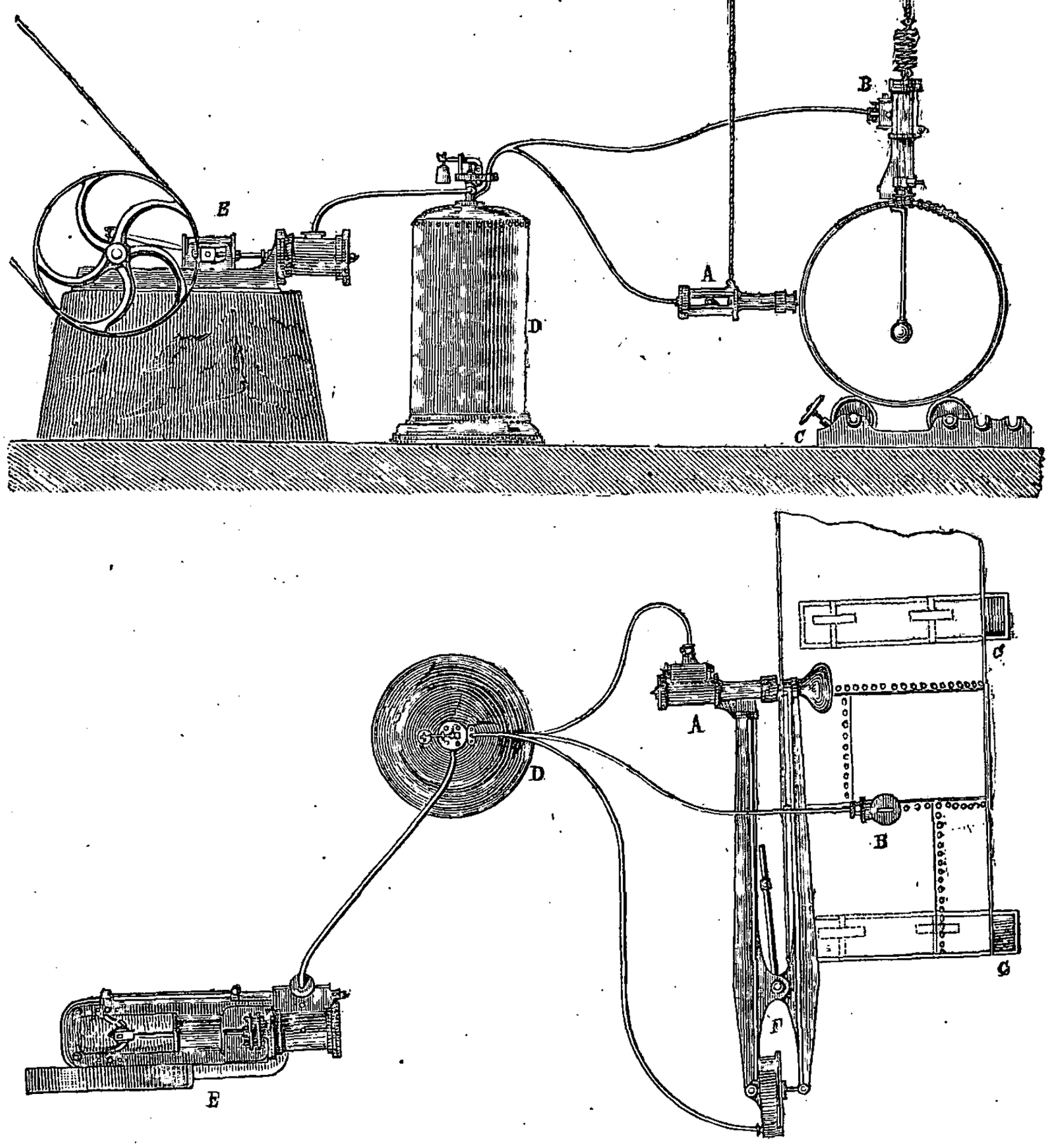


Fig. 11 et 12. — *Vue extérieure et plan de l'installation d'une riveuse portative à air comprimé.*

A Riveuse portative à tenaille automatique. — *B* Riveuse portative au tas. — *C* Selle de rotation. — *D* Réservoir d'air comprimé. — *E* Pompe de compression d'air. — *F* Tenaille automatique.

plus simples de dressage, cintrage, assemblage et rivetage et il s'exécute d'ailleurs d'une manière analogue.

Les cornières sont dressées à chaud, et quelquefois lorsqu'elles sont de petites dimensions, sur de grands marbres en fonte à l'aide de la chasse à parer et du marteau à devant ; ce travail n'exige surtout qu'un peu de coup d'œil de la part de l'ouvrier, car les cornières sont toujours livrées à peu près dégauchies. Si on doit replier une cornière pour faire un cadre, on portera d'abord sur l'une des ailes la longueur d'un des côtés que l'on marque au blanc et pointe fortement. La cornière est ensuite chauffée en ce point, et on enlève sur la largeur de l'aile une pièce en forme de V, on amincit les deux lèvres ainsi déterminées et on

Travail des cornières et des fers profilés. Les détails, dans lesquels nous venons d'entrer au sujet des grosses tôles, nous permettent de passer brièvement sur les cornières et les fers profilés dont le travail se réduit à quelques opérations

plie ensuite la cornière à angle droit de manière à les superposer. On donne une chaude, pour souder les pièces en ayant soin de bien former l'arête et de dégauchir la cornière.

En opérant de même pour les trois autres angles on obtiendra ainsi un cadre parfaitement rigide. Si on avait des cornières à plier ou à cintrer, comme dans le cas de certains appendices et supports de chaudières de locomotives, le travail devrait être conduit d'une manière analogue, en ayant soin toutefois de préparer à l'avance des gabarits donnant le profil exact de la pièce à exécuter. La difficulté devient plus grande lorsqu'on veut obtenir des cercles de grands diamètres. Quelquefois on est obligé de construire des fours à plusieurs foyers, capables de chauffer les cornières sur de grandes longueurs afin de pouvoir les cintrer dans une même chaude. Cette opération s'exécute sur de grands marbres sur lesquels on a disposé, suivant la circonférence intérieure à obtenir, des trous ou des rainures qui peuvent recevoir des broches ou des taquets. La cornière est retirée du four au rouge presque blanc, elle est ensuite fixée à l'une de ses extrémités au moyen de presses, pendant que les ouvriers appuient sur l'autre extrémité pour appliquer la pièce contre les broches ou taquets, en ayant soin de la bien dégauchir et de la dresser à la chasse à parer. Le cercle sera d'autant plus facile à obtenir que les broches seront plus rapprochées les unes des autres. On soude ensuite les extrémités des ailes convenablement rapprochées, en ayant soin de les amincir pour que l'épaisseur ne soit pas trop forte.

Dans la construction des ponts, les cornières et les fers à double T sont d'un emploi courant, mais comme en général ils sont assemblés sur des poutres droites ou courbées avec de grands rayons, le cintrage de ces fers n'offre aucune difficulté spéciale.

Il reste le traçage des trous de rivets et le perçage qui s'effectue ainsi que nous l'avons décrit déjà. Quant au rivetage, une partie du travail se fait à l'atelier même, à la main ou à la machine, suivant l'importance de l'outillage de l'atelier, et on termine au moment de l'assemblage des pièces. Les machines hydrauliques, ou à air comprimé faciles à déplacer comme celles que nous avons représentées, rendent également de grands services dans ce cas.

Travail de l'acier fondu. Les produits en acier fondu, tels qu'ils sont livrés actuellement par les usines métallurgiques, sont généralement beaucoup plus malléables que le fer, et le travail de chaudronnerie se trouve ainsi facilité dans une grande mesure. Dans les essais en particulier, on peut faire subir aux barreaux d'épreuve des déformations qu'on ne pouvait pas même obtenir avec le fer au bois des meilleures marques. Les tôles de 10 à 30 millimètres d'épaisseur, destinées à la construction des chaudières marines, par exemple, ne doivent pas, d'après les conditions du cahier des charges, se rompre sous une charge inférieure à 42 kilogrammes par millimètre carré, ni avec un allongement moindre que 26 0/0 sur une éprouvette de 200 millimètres de longueur, ce qui correspond à 30 0/0 environ sur une longueur initiale de 100 millimètres seulement. Les tôles, destinées à la construction, doivent supporter une charge de 45 kilogrammes avec un allongement de 20 0/0 seulement sur 200 millimètres de longueur initiale. Pour les tôles minces qui ont subi un travail d'étirage beaucoup plus prononcé dans le passage au laminoir, on demande seulement 12 0/0 d'allongement, mais avec une charge de rupture atteignant 47 kilogrammes. Les constructeurs anglais demandent habituellement 50 kilogrammes environ par millimètre carré, soit 52 kilogrammes dans le sens du laminage et 47 dans le sens perpendiculaire; mais pour ne pas avoir d'aciers trop durs, ils imposent une limite maxima de 63 kilogrammes.

Les tôles d'acier fondu en métal très doux supportent également dans les essais à chaud des épreuves beaucoup plus rigoureuses que les tôles en fer puddlé. On peut préparer facilement, en effet, avec des tôles planes, des cuvettes hémisphériques et donner souvent à ces cuves des flèches beaucoup supérieures aux rayons; on peut préparer également des boîtes à base carrée avec des angles dièdres à arêtes bien vives sans criquer la tôle. D'ailleurs, les ouvriers qui en ont l'habitude peuvent arriver avec certaines natures d'acier, à plier une tôle mince en tous sens, comme ils feraient pour une feuille de papier, à la travailler de manière à lui donner les formes les plus compliquées qu'il semblerait absolument impossible d'obtenir avec une feuille plane. C'est ainsi qu'à l'Exposition de 1878, on pouvait admirer dans le pavillon du Creusot des objets en tôle présentant les formes les plus variées comme des aiguières, des amphores, des vases de tous genres à col très mince et ventre élargi, des candélabres, exécutés avec le même fini et le même galbe que des pièces de chaudronnerie artistique en cuivre repoussé, et qui devenaient ainsi de véritables objets d'art surtout si on considère les moyens défectueux auxquels l'ouvrier devait avoir recours pour travailler sa tôle. De tels résultats qui font honneur à son habileté, témoignent hautement, d'autre part, de la malléabilité du nouveau métal.

Ce produit si malléable obtenu, comme on sait, dans le convertisseur Bessemer ou sur la sole du four Siemens, n'a guère que le nom de commun avec les aciers de l'ancienne métallurgie, car il ne trempe généralement pas, il est seulement privé de la faculté de souder que possède le fer à un si haut degré. D'ailleurs, les procédés de fabrication ont acquis aujourd'hui une telle précision que le métallurgiste peut assigner à l'avance la qualité du métal, en surveillant l'opération et dosant convenablement les proportions des éléments hétérogènes qui entrent dans la composition du bain, il peut dire quelles en seront les propriétés physiques, prévoir les résultats que pourront donner les différents essais. Sans qu'il y ait entre les différents éléments une relation absolue, comme on essaie de l'établir à Terrenoire où ces questions sont toujours l'objet de recherches longues et suivies, on peut dire que la charge de rupture s'élève à mesure que la

proportion du carbone ou des autres éléments durcissants s'accroît dans le métal et, par contre, l'allongement, la faculté de déformation vont elles-mêmes en diminuant jusqu'à ce qu'on atteigne un produit pouvant prendre la trempe et se rapprochant ainsi de l'ancien acier. Du reste, la plus forte proportion du métal fondu qu'on emploie aujourd'hui sous le nom d'acier ne prend pas la trempe, et il en est ainsi surtout des pièces tôles ou cornières appliquées en chaudronnerie, et on ne néglige jamais de s'en assurer avant de les travailler. Un barreau, chauffé au rouge cerise et trempé dans l'eau à 28°, doit toujours se replier complètement presque sans crique. On comprend par là l'influence considérable que l'emploi de l'acier fondu exerce déjà et est appelé à exercer de plus en plus dans la chaudronnerie. Ce métal est beaucoup plus malléable et il devra donner par là des résultats bien plus satisfaisants que le fer puddlé qu'il est appelé d'ailleurs à remplacer peu à peu dans l'avenir ; mais, d'autre part, le travail en est beaucoup plus délicat, et il a infligé de nombreux mécomptes à ceux qui ont cru pouvoir le mettre en œuvre dans les mêmes conditions que le fer, sans avoir égard aux minutieuses précautions qu'il exige.

L'acier fondu ne se soude pas, et par suite on ne peut pas espérer faire disparaître dans le travail de forge les défauts, pailles ou criqués que le lingot peut présenter, il faut donc s'attacher exclusivement aux pièces bien saines si on veut éviter les ruptures. En outre, toute action qui détruit l'homogénéité du métal, surtout dans les tôles, qui crée en un mot des tensions intérieures permanentes, entraîne bien souvent par là même une rupture qui pourra se produire subitement sur la pièce finie, bien qu'elle soit tout à fait saine en apparence. On a cité, en effet, de nombreux exemples de pareilles ruptures : une tôle terminée et abandonnée à elle-même sur le sol du chantier se trouvait le lendemain complètement fendue dans une région où on n'apercevait auparavant aucune crique. Ces accidents qui se répétèrent assez fréquemment, avaient excité, à l'égard du nouveau métal, une défiance très prononcée dont on revient aujourd'hui seulement depuis qu'on a pu assigner les causes de ces ruptures restées inexpliquées. On avait essayé, en effet, d'appliquer l'acier fondu dans les constructions des ponts et des chaudières à vapeur et surtout dans celle des navires, aussitôt que les usines furent en état de préparer des pièces de grandes dimensions, mais cette application était toujours restée très limitée, même en Angleterre, en raison des ruptures qu'on observait trop souvent sur les pièces finies.

Il en était de même en France, et la marine de l'État, malgré son désir d'appliquer dans la construction des navires un métal qui permettait de réduire l'épaisseur et le poids des différentes pièces, hésitait toujours à s'engager complètement dans cette voie nouvelle. En 1873 cependant, elle se décida à tenter l'expérience sur une vaste échelle, et elle entreprit dans le port de Lorient la construction de trois navires de guerre fabriqués entièrement en acier fondu, à l'exception du revêtement intérieur ou bordé de carène dont la forme était considérée comme trop compliquée. Cette tentative audacieuse fut couronnée d'un plein succès, grâce aux travaux et aux recherches de tous genres qui furent poursuivis pendant la construction par les ingénieurs de la marine. Ceux-ci arrivèrent ainsi à déterminer les meilleures conditions de travail de l'acier fondu, et à préciser les précautions à prendre afin de se mettre à l'abri de mécomptes antérieurs.

Les résultats ainsi obtenus ont été expliqués et réunis dans un ouvrage très intéressant dû à M. Barba, et qui a exercé, on peut le dire, une influence considérable sur le développement qu'a pris le travail de chaudronnerie de l'acier fondu. *(Etude sur l'emploi de l'acier dans les constructions, exposé de la méthode à suivre pour la mise en œuvre des tôles et barres profilées en métal fondu.)* (1). D'après M. Barba, qui partage d'ailleurs sur ce point, les idées émises déjà par MM. Jœssel et Caron, l'acier doit être considéré comme une solution solidifiée de carbone dans le fer, solution qui renferme encore d'autre part une proportion plus ou moins considérable de carbone à l'état mélangé. Les actions extérieures, comme la trempe, une grande élévation de température, une forte pression, un refroidissement brusque altèrent la proportion respective des poids de carbone dissous et mélangé et modifient en même temps la nature intime du métal, et par suite ses propriétés physiques.

Le travail de chaudronnerie qui oblige à soumettre les pièces à un échauffement ou une compression locale pour les emboutir, percer des trous, etc., exerce donc une action analogue et il modifie, dans une région plus ou moins étendue, la nature intime du métal qui se durcit, car une grande partie du carbone qui était mélangé repasse à l'état dissous. Ces modifications toutes locales détruisent complètement l'homogénéité des pièces, et elles introduisent en même temps des tensions intérieures invisibles en apparence mais que M. Barba a réussi à manifester cependant par ses belles expériences ; de pareilles tensions entraînent bientôt la rupture de la pièce sous l'action des circonstances les plus insignifiantes.

Le poinçonnage, par exemple, exerce ainsi une influence beaucoup plus fâcheuse encore sur l'acier fondu que sur le fer forgé. La pression exercée par l'outil détermine en effet autour du trou une région annulaire de $0^m,0015$ d'épaisseur environ, dans laquelle la teneur en carbone dissous se trouve plus élevée que dans le reste de la pièce, le métal est durci et perd une grande partie de son élasticité. Il est donc nécessaire de détacher le métal sur toute cette épaisseur pour conserver l'homogénéité de la pièce, et il est toujours préférable et presque indispensable de percer les trous avec un foret plutôt qu'avec un poinçon, pour ne pas comprimer extérieurement le métal.

La cisaille exerce une action analogue à celle du poinçon ; par la pression qu'elle développe, elle provoque la dissolution du carbone mélangé et elle aigrit également le métal dans toute la région voisine du bord coupé.

(1) Baudry, éd. 1876.

Le martelage, et même le chauffage local des pièces par la tension qu'il exerce sur les bords de la partie chauffée, déterminent également une certaine trempe dans le métal, mais avec une moindre intensité cependant. Le seul moyen d'annuler les effets de la trempe et de restituer au métal son élasticité et son homogénéité primitives, est le recuit opéré d'une manière méthodique, et suivie d'un refroidissement à l'abri de l'air et convenablement gradué. Le recuit est pratiqué aujourd'hui dans tous les ateliers qui travaillent l'acier fondu, les usines n'hésitent plus à installer dans des conditions souvent dispendieuses des fours assez vastes pour que la température soit uniforme sur toute la tôle, et on va même jusqu'à recuire des pièces qui n'ont plus aucun travail de forge à subir en sortant du pilon ou du laminoir comme les bandages ou les essieux, et les usines qui ne les recuisent pas, ne négligent jamais de le laisser refroidir lentement à l'abri de l'air.

On comprend par là quelles sont les précautions auxquelles il est nécessaire de s'astreindre dans le travail de l'acier, nous les résumons ici d'après M. Barba : 1° Éviter toute cause produisant une pression locale de quelque nature qu'elle soit ; 2° Employer surtout, pour déformer les tôles, des machines qui les soumettent à un effort général intéressant toute la surface de la tôle ; 3° Si on a été conduit à produire des pressions locales, provenant du choc du marteau, de l'action du poinçon, etc., chauffer la pièce au rouge cerise d'une manière régulière et, autant que possible, dans son ensemble.

Dans le travail des tôles par exemple, si on a besoin de planer la surface, ou de courber la pièce sur sa largeur, il sera préférable de la passer dans un laminoir approprié plutôt que de la marteler. On peut arriver ainsi en s'astreignant toujours à développer des pressions régulières sur une certaine étendue, à travailler le métal sans le durcir, et dans ce cas seulement on peut supprimer le recuit.

Lorsqu'on doit emboutir une tôle suivant une forme déterminée, il sera toujours préférable de la travailler à l'étampe, et de la déformer graduellement en employant des presses hydrauliques dont l'action, très puissante, est bien uniforme et surtout facile à régler.

Dans le travail d'emboutissage, on peut opérer à froid en faisant subir à la tôle une série de déformations, graduées par pression ou même par martelage, en ayant soin de la recuire entre chaque opération, afin de lui restituer l'élasticité qu'elle a perdue dans le travail précédent. Après le dernier recuit, elle ne devra recevoir qu'une façon très minime en évitant l'emploi du marteau et uniquement pour effacer les déformations résultant du passage au feu. Il est d'ailleurs plus commode d'exécuter ce travail entièrement à chaud, car on n'altère pas la qualité de la tôle, à condition de ne jamais descendre au dessous du rouge sombre et de recuire toujours après chaque opération. Dans ces conditions, on réussit à étamper les tôles avec une grande facilité en quelques coups de piston seulement, et même si l'opération est menée assez rapidement pour ne pas refroidir la pièce, on peut quelquefois se dispenser du recuit. L'acier fondu se prête d'ailleurs au travail par étampage d'une manière beaucoup plus satisfaisante que le fer puddlé.

Le chauffage de la tôle, comme le recuit, présente une grande importance, et on doit prendre de nombreuses précautions pour que la pièce se trouve portée à une même température sur toute son étendue, et éviter ainsi toute action capable d'en détruire l'homogénéité. Quand la pièce présente de grandes dimensions, on se trouve conduit à employer des fours à gaz comme les fours Siemens, dont la température se règle facilement, et se maintient bien uniforme dans toute l'étendue du laboratoire. Les usines n'hésitent pas aujourd'hui, comme nous le disions, à construire des installations souvent dispendieuses pour assurer ce résultat essentiel d'un chauffage et un recuit bien homogènes. De même il convient de surveiller aussi la tôle pendant son refroidissement de manière à éviter toute action locale qui pourrait entraîner, en certains points isolés, une chute un peu brusque de température.

Les travaux qu'on fait subir aux cornières pour les cintrer sur leur longueur, ouvrir ou fermer les ailes, peuvent s'opérer avec l'acier fondu d'une manière aussi satisfaisante qu'avec le fer, en s'astreignant toutefois aux mêmes précautions qu'avec les tôles. M. Barba cite ce fait curieux, que les ouvriers forgerons, habitués à travailler le fer, qu'on avait chargés au port de Lorient de la préparation des cornières en acier fondu manquèrent presque toutes les pièces, parce qu'ils voulaient toujours les traiter dans les mêmes conditions que le fer, martelant à chaud, sans précaution, etc., tandis que des ouvriers charpentiers tout à fait novices dans l'art de la chaudronnerie, réussirent d'une manière satisfaisante, seulement en observant avec ponctualité les recommandations qui leur étaient faites. On a là le secret des nombreux mécomptes qu'on a observés à l'origine dans le travail de l'acier fondu : les ateliers qui voulaient le mettre en œuvre n'étaient pas outillés d'une manière suffisante, et les ouvriers n'observaient pas les précautions nécessaires.

Pour les cornières, comme pour les tôles en acier, il convient d'éviter toutes pressions locales trop accentuées ; si on doit les courber par exemple, opérer le cintrage par petites fractions, de façon à ce que l'allongement ne s'opère pas uniquement en certains points isolés, faire porter en même temps la pression exercée sur une surface aussi élargie que possible, avoir soin en outre de donner un recuit après chaque opération. Lorsqu'on doit souder les deux bords des ailes d'une même cornière repliée à angle droit, par exemple, il est bon, comme le recommande M. Barba, de ménager une lèvre entre ces bords et de la remplir par un petit morceau de fer en forme de coin, pour faciliter la soudure plutôt que d'essayer de souder les deux bords en acier. Lorsqu'on doit chauffer la cornière en un certain point dans un feu de forge au charbon de bois, par exemple, il conviendra de la chauffer graduellement sur toute sa longueur pour

éviter les transitions brusques de température. Pour cintrer la cornière, il est également préférable d'opérer en la ployant graduellement, et d'éviter ainsi les coups de marteau, etc.

Avec des ateliers munis d'un outillage convenable, et en observant toutes les règles que nous venons de résumer, et qui ont été posées et expliquées comme nous le disions par M. Barba, le travail de chaudronnerie de l'acier fondu peut s'opérer dans des conditions aussi sûres et satisfaisantes que celui du fer, et on évitera tous les accidents qu'on avait observés à l'origine. On pourra dès lors tirer un parti complet des qualités particulières du nouveau métal, et il y a lieu de penser que dans un avenir peu éloigné, on l'adoptera pour une foule d'applications qui, en Europe, sont encore réservées au fer. Tandis qu'en Amérique, les chaudières de locomotives sont construites entièrement en acier fondu, on persiste encore à employer chez nous des foyers en cuivre, des tubes en laiton malgré leurs prix plus élevés, et des viroles de corps cylindriques en fer puddlé. Les premières expériences qui avaient été entreprises aux chemins de l'Est, de l'Ouest et d'Orléans, avaient donné en effet des résultats défavorables, les assemblages n'avaient aucune étanchéité, les rivets sautaient, quelques chaudières firent même explosion. Tous ces mécomptes doivent être attribués pour une grande partie au travail de chaudronnerie exécuté sans les précautions nécessaires, et on arriverait sans doute aujourd'hui à les éviter sans difficulté. Du reste, l'usine du Creusot avait présenté à l'Exposition de 1878 une locomotive construite tout entière en acier fondu, et cette machine, qui est en service depuis cette époque sur les voies intérieures de l'usine a toujours donné jusqu'à présent les résultats les plus satisfaisants.

Travail du cuivre. Le cuivre est, comme on sait, un métal beaucoup plus malléable que le fer qui supporte sans difficulté presque toutes les opérations de chaudronnerie, il peut être travaillé même à froid, étiré, embouti et surtout rétreint amené en un mot à des formes compliquées qu'on ne pourrait obtenir avec le fer, c'est ce qui explique que ce métal reste employé sur une si grande échelle dans les travaux de chaudronnerie, malgré son prix élevé.

Aux essais à la traction, il se rompt sous une charge assez faible (de 22 à 25 kilogrammes); mais il présente d'autre part des allongements tout à fait exceptionnels de 30 à 50 0/0 sur une barre de 100 millimètres de longueur, et l'allongement se répartit peut-être d'une manière plus uniforme sur toute la barre qu'avec une éprouvette en fer; la striction paraît moindre en un mot, toutes proportions gardées. Aux essais de pliage, les barreaux de cuivre se replient presque toujours complètement de manière à amener les deux branches au contact sans se criquer, ils peuvent s'étirer à froid sous le pilon de manière à réduire leur épaisseur à quelques millimètres seulement, et former ainsi une pince. La plupart des épreuves de pliage, forgeage et étirage qu'on peut pratiquer à chaud réussissent toujours sans difficulté avec des cuivres de bonne qualité.

Le travail du cuivre s'opère souvent à froid surtout quand on a des ouvriers un peu habiles qui savent opérer d'une manière bien graduée pour étirer les barreaux, par exemple, sans aigrir le métal. Les grosses pièces cependant sont toujours travaillées à chaud. La figure 13 représente l'atelier de M. Egrot, où s'exécute la chaudronnerie de cuivre.

Les opérations que l'on fait subir aux pièces de cuivre peuvent se résumer en quatre principales :

1° L'emboutissage; 2° le retreignage; 3° le planage; et, 4° enfin la soudure.

1° *Emboutissage*. L'emboutissage de plaques de cuivre de grandes dimensions se fait à chaud. Comme pour le fer, on fait chauffer les feuilles de cuivre dans un four à reverbère, disposé de manière à répartir bien uniformément la chaleur et on les travaille sur des formes au moyen de maillets en bois.

Les tôles de cuivre se déforment toujours sans difficulté, mais l'emboutissage n'en exige pas moins des précautions spéciales si l'on veut ménager rigoureusement en chaque point de la pièce finie l'épaisseur prescrite par les dessins. Les grandes calottes en cuivre qui servent de fonds de chaudières dans les sucreries, reçoivent presque toujours, en effet, un surcroît d'épaisseur dans le centre du dôme, car elles se trouvent particulièrement fatiguées dans cette région, et, en outre, c'est là que sont insérés les raccords des tuyaux. Il importe donc, dans le travail d'emboutissage de ces tôles, de ne pas diminuer l'épaisseur dans le centre, et par suite d'étirer plus tôt le métal sur les bords de la cuve. Comme les tôles sortant du laminoir présentent une épaisseur uniforme, elles doivent être martelées tout autour du centre de manière à ne laisser en chaque point que l'épaisseur exigée. On profite souvent de ce martelage pour emboutir en même temps la tôle comme nous le dirons plus bas, et on conçoit que dans ces conditions l'emboutissage à la presse ne présente plus le même intérêt que pour les tôles de fer, puisqu'il ne supprimerait pas le martelage préalable, et d'autre part il arrive rarement que les ateliers reçoivent des commandes assez considérables de pièces d'une même dimension pour qu'ils puissent faire la dépense des matrices de toutes sortes, de l'outillage encombrant et dispendieux qu'entraîne l'emploi des presses.

Les tôles de cuivre sont donc presque toujours embouties mécaniquement, soit en les déformant graduellement, comme nous le disions, sous un petit pilon à vapeur, ou en les défonçant dans une fosse à l'aide de maillets en bois. Dans le premier cas, la tôle est travaillée sur une enclume légèrement inclinée sur l'horizontale et martelée au moyen d'un petit pilon dont la frappe présente la même inclinaison. On procède en partant du centre, et en frappant la tôle sur des circonférences concentriques dont le rayon va graduellement en croissant. Dans cette opération, la tôle se relève peu à peu sur les bords en raison de l'inclinaison de l'enclume et le métal se trouve refoulé vers le centre qui conserve ainsi son surcroît d'épaisseur.

Les bords amincis de la cuve sont ensuite redressés à la main, s'il y a lieu, en frappant avec des maillets en bois.

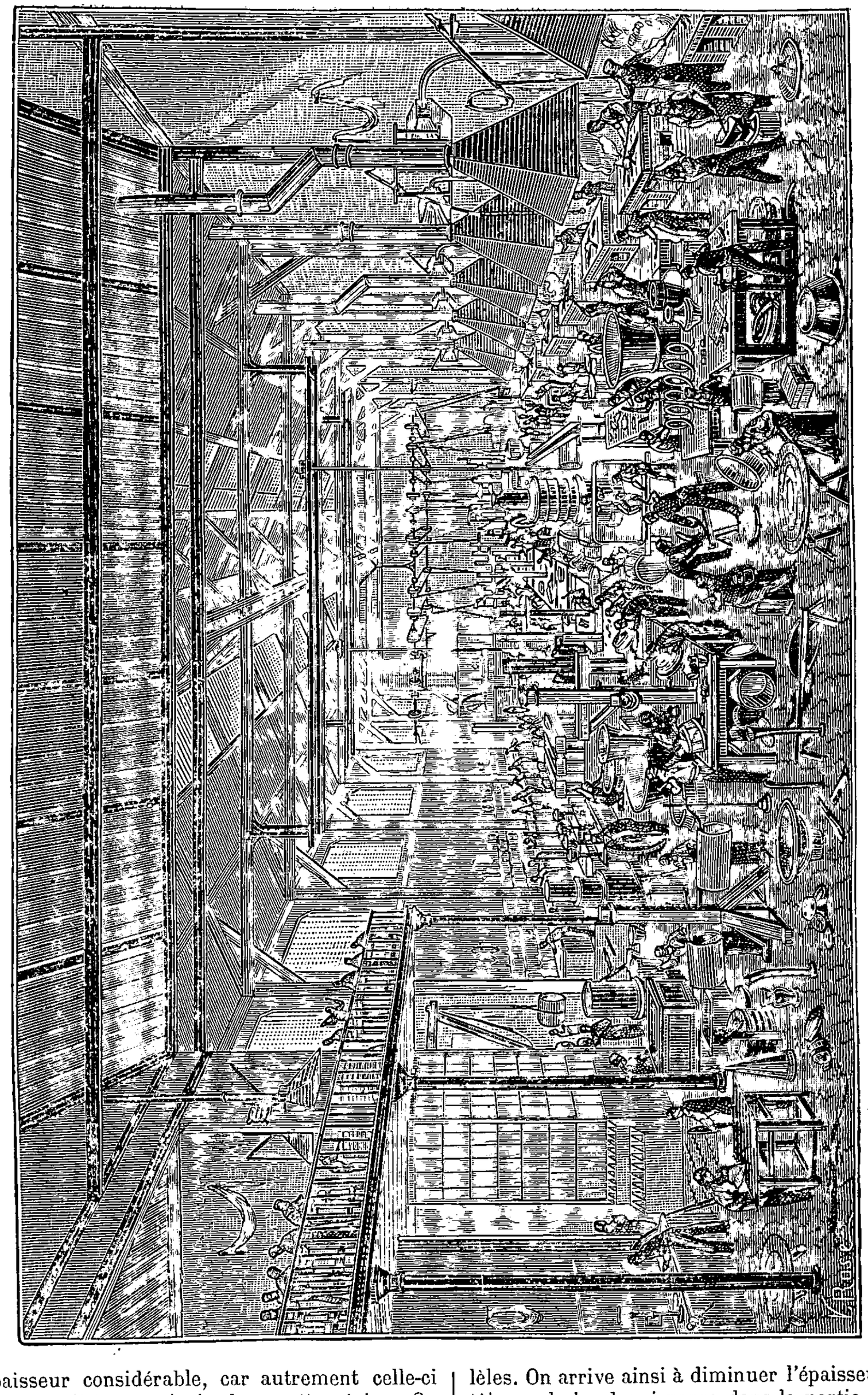


Fig. 14. — *Vue d'un atelier de chaudronnerie de cuivre.*

d'épaisseur considérable, car autrement celle-ci se trouverait trop amincie dans cette région. On y réussit dans certains ateliers en employant un laminoir dont les cylindres ne sont pas parallèles. On arrive ainsi à diminuer l'épaisseur de la tôle sur le bord qui passe dans la partie rétrécie de l'espace vide ménagé entre les deux cylindres. On répète cette opération en passant la tôle suc-

Quand on veut faire l'emboutissage à la main sur une fosse creuse, il est nécessaire de ménager à l'avance, dans le milieu de la tôle, un surcroît

cessivement dans tous les sens, afin de l'amincir régulièrement sur tout le pourtour. Quand on veut obtenir la réduction d'épaisseur sur une moitié de la tôle par exemple, comme c'est le cas pour les plaques tubulaires de locomotives, on y réussit plus simplement en interposant une cale d'épaisseur convenable sur cette partie pendant le laminage.

La plaque, destinée à faire une calotte, préparée comme nous venons de le dire, est d'abord amenée au rouge, puis défoncée au centre sur une forme creuse qui donne l'amorce. Elle est ensuite portée sur une fosse spéciale disposée de manière à recevoir des calottes de différents diamètres, et elle est ensuite emboutie progressivement en la frappant avec des maillets de bois. Cette opération demande aussi des ouvriers attentifs et adroits, sachant frapper régulièrement et toujours suivant des circonférences concentriques pour ne pas bosseler la tôle. On vérifie avec un gabarit la forme de la calotte, et celle-ci n'a plus alors qu'un simple planage à subir avant d'être assemblée.

Le rabattage des bords des plaques de foyers, par exemple, s'opère dans les mêmes conditions que pour les plaques en fer. Les feuilles sont martelées ou laminées pour obtenir l'épaisseur demandée, puis on rabat les bords sur une forme à angles arrondis en commençant de préférence par les angles s'il y en a. Les plaques sont ensuite réchauffées pour être dressées au moyen de la chasse à parer et du marteau à devant, puis terminées aux cotes demandées qui sont toujours un peu plus grandes que les cotes définitives pour permettre de les ajuster ultérieurement chez le constructeur. Les surfaces des tôles sont planées et dégauchies en même temps qu'on étire les angles; cette opération écrouit la surface et donne plus de dureté au métal, on ne néglige jamais de la pratiquer sur les plaques tubulaires qui sont toujours fortement écrouies dans la partie tubée.

Les trous des entretoises et des rivets sont ensuite tracés sur la tôle ainsi préparée, et percés au moyen d'un foret. Il en est de même pour les trous des tubes, mais on a soin de les faire plus petits et de les amener au diamètre définitif à la machine radiale, ce qui permet de rectifier la position des trous déviés, en guidant l'outil sur la circonférence tracée et pointée à l'avance. On assemble ensuite les plaques en ayant soin de bien faire coller les pinces, puis on opère le rivetage qui se fait avec des rivets en fer ou en cuivre. On ajuste le cadre sur le foyer, puis les armatures, et enfin on monte le foyer dans la boîte à feu avec le cadre de porte.

2° *Retreignage*. On se trouve souvent obligé, surtout dans le travail de petite chaudronnerie, de rétreindre les tôles, c'est-à-dire de leur donner des formes variées entraînant des réductions de diamètre, sans faire usage de soudure ou de brasure. Cette opération, particulièrement délicate, ne se pratique guère que sur les tôles de cuivre en raison de la grande malléabilité de ce métal, toutefois des ouvriers habiles peuvent la réussir également même avec des tôles d'acier fondu.

La tôle à rétreindre est assujettie seulement sur un tasseau ou un chevalet, et l'ouvrier la maintient immobile pendant qu'il frappe avec un marteau à quelque distance de l'enclume. Cette distance, de même que l'intensité du coup, se détermine d'après l'épaisseur de la tôle et la déformation à obtenir. L'ouvrier a soin de ne pas laisser tomber le marteau plusieurs fois à la même place mais de faire tourner légèrement la feuille de cuivre de façon à toujours frapper en décrivant des circonférences concentriques. Autrement, on risque de bossuer la tôle et de détruire toute la malléabilité du métal. En procédant ainsi, on évitera les criques ou gerces qu'on pourrait, il est vrai, remplir de soudure, mais qui diminuent beaucoup la valeur de la pièce finie.

Pour retreindre le cuivre on se sert de marteau à panne droite en bois et de marteaux à panne de travers en fer. Les formes de ces marteaux ne sont pas très différentes; mais leur poids et leurs dimensions dépendent de la grandeur de la pièce à exécuter. Le cuivre mince est toujours rétreint avec des maillets en bois.

3° *Planage*. Les tôles embouties sont ensuite planées pour leur donner une régularité parfaite qu'elles n'ont pu recevoir dans les opérations antérieures. Les surfaces des pièces planes ou bombées se planent avec le marteau à panne droite sur des tasseaux ou des chevalets. Ceux-ci devront présenter une surface bien unie afin que la pièce pose bien à plat. On commence ordinairement à planer en partant du centre, et décrivant des cercles concentriques jusque sur les bords. Pour les pièces de grandes dimensions, comme les fonds des alambics, réservoirs, etc., il faut qu'un aide ouvrier maintienne fortement le fond et le guide pendant l'opération. Le travail de ces pièces présente certaines difficultés, car la tôle se déjette facilement sous les coups de marteau violents qu'on est obligé de lui donner, il faut donc frapper bien régulièrement, et éviter tout coup en porte à faux qui pourrait déchirer le métal. Le centre doit rester un peu en saillie, ce qu'on obtient en répétant souvent les coups de marteaux dans le voisinage, mais sur les bords on devra ménager le métal déjà un peu aminci par l'étirage qu'il a subi. Si le centre est bien plané et que le cuivre soit de bonne qualité, le travail s'accomplira d'une manière satisfaisante.

4° *Soudure*. Lorsqu'on a besoin de réunir plusieurs feuilles, on opère la jonction par soudure ou par clouure. Suivant les cas, on emploie la soudure à l'étain ou la soudure forte. — V. Soudure.

L'outil usité dans cette opération, qui porte le nom de *fer à souder*, est terminé par une tête en cuivre rouge ayant la forme d'une pyramide tronquée à bases rectangulaires, dont la plus petite base est arrondie; il est étamé d'abord avec du sel ammoniac ou avec de la colophane. A cet effet, on le chauffe au rouge et on blanchit l'extrémité à la lime en la saupoudrant de sel ammoniac, puis on frotte le fer sur une baguette d'étain; on enlève ensuite avec de l'étoupe l'excès de métal déposé. On peut encore, en se servant d'étain commun,

en faire fondre une certaine quantité dans un vase, y ajouter de la colophane en poudre et tremper le fer à souder dans le bain jusqu'à ce que l'étain soit fixé; dans ce cas, le soudoir doit être moins chaud que si on l'étamait avec le sel ammoniac.

Pour souder deux pièces de cuivre, on commense par bien décaper à la lime les parties à réunir, on y saupoudre ensuite de la colophane et avec le soudoir, porté au rouge, on y étale de l'étain qui entre en fusion au simple contact du fer rougi. Lorsque l'étain est fixé, on rapproche les deux parties, et on le fait couler, jusqu'à ce que le métal en fusion ait bien pénétré partout.

On laisse refroidir et on affleure à la lime la soudure ainsi faite. Il faut avoir soin, en faisant chauffer le fer, de le mettre la panne en dessus et de bien l'essuyer après l'opération.

La brasure ou soudure forte est bien plus résistante que la soudure à l'étain, elle est employée même pour réunir deux tôles de fer, et elle n'en diminue pas la solidité lorsqu'elle est bien faite.

Pour braser deux pièces de cuivre, il faut d'abord les décaper avec un acide, les chauffer au rouge et les tremper à l'eau. Sur le métal humide et saupoudré de borax, on étale de la soudure forte en ayant soin de bien mélanger ces deux substances pour que la fusion s'opère également.

On chauffe la pièce ainsi préparée sur un petit feu de charbon jusqu'à ce que la soudure entre en fusion, et on répartit celle-ci bien régulièrement. Puis on refroidit la pièce par injection d'eau en évitant toutefois les brusques mouvements qui pourraient compromettre la solidité de la brasure.

Lorsque l'ajustage est bien soigné on peut opérer la soudure sans laisser aucune ligne apparente. Ordinairement on trace la ligne de jonction suivant un contour brisé formé par la réunion de plusieurs queues d'aronde qui servent à emboîter les deux surfaces. On relève à angle droit les parties ainsi découpées et on les assemble en croisant alternativement les encoches; on ménage enfin sur le bord des lèvres qui vont se trouver réunies, des parties inclinées pour constituer ainsi autant de petits fossés dans lesquels on verse la brasure.

On les soude ensuite comme nous le disions plus haut. Quand on soude ainsi deux feuilles de cuivre, on a toujours soin de les amincir sur les bords. Ce procédé de soudure a été utilisé longtemps par exemple dans la petite chaudronnerie, dans la fabrication des casseroles de cuisine pour fixer le fond contre les bords cylindriques.

Clouure. Nous n'insisterons pas ici sur la clouure, ou rivure des tôles de cuivre, car les explications que nous avons données plus haut pour les tôles de fer, sont encore applicables dans ce cas. Le diamètre et l'écartement des rivets varient avec les dimensions des feuilles de cuivre employées, et la pression que doivent supporter les appareils. Le rivetage devient seulement beaucoup plus facile, puisqu'on emploie généralement des rivets en cuivre; car les objets confectionnés avec ce métal doivent souvent contenir des liquides qui corroderaient le fer.

Toutefois, les plaques de cuivre des foyers de locomotives sont fréquemment assemblées avec des rivets en fer : en raison de la grande fatigue qu'elles subissent, on est obligé de leur donner beaucoup de résistance pour éviter les fuites.

Travail de tôles minces. Les tôles minces, en cuivre ou en fer, sont généralement travaillées dans les mêmes conditions que le cuivre, aussi n'insisterons-nous pas beaucoup sur cette question en raison du développement que nous avons donné à la grosse chaudronnerie.

Les ustensiles de cuisine, par exemple, sont fabriqués avec des tôles minces en ayant recours aux procédés d'emboutissage et de soudure que nous avons décrits plus haut; les tôles minces en fer qui servent à fabriquer les objets de ferblanterie, sont étampées toutes les fois qu'il est possible de le faire ou embouties à la main. — V. Ferblanterie.

On travaille également les tôles de fer d'épaisseur très mince pour en faire des boîtes de tout genre; le travail de chaudronnerie se réduit alors pour ces pièces à une simple question de soudure; mais c'est dans la fabrication même de ces tôles que se rencontrent alors les véritables difficultés, et celles-ci prennent une certaine importance lorsqu'on veut descendre au-dessous d'un millimètre d'épaisseur, quelquefois même d'un dixième comme on en rencontre des exemples dans certaines usines. A l'article Tôle, nous dirons quelques mots des procédés auxquels on a recours en pareil cas.

Outils principaux de la chaudronnerie de cuivre. Les principaux outils employés dans la chaudronnerie de cuivre et que nous croyons devoir signaler sommairement, sont les suivants :

Les *chevalets*, qui sont des barres de fer horizontales de 5 à 6 centimètres de diamètre, terminées par un bout offrant quelque analogie avec celui des enclumes, l'autre extrémité est percée d'un trou pouvant recevoir un petit billot. Les chevalets diffèrent beaucoup dans leurs formes suivant les usages auxquels on les destine. Les *tasseaux*, qui sont des barres de fer verticales terminées à la partie supérieure par une partie plate, et dans le bas par une pointe qu'on peut enfoncer à volonté dans un bloc en bois, ils forment ainsi une sorte d'enclume. La tête peut également affecter diverses formes. Les *marteaux* à *étendre* le métal. Les *marteaux* à *panne* de travers usités pour le rétreignage. Les *marteaux* à *panne* droite dont les plats sont ordinairement polis. Les *marteaux* à *piquer* pour couper les fonds, et les divers ébauchoirs. Les *bouterolles* pour faire les têtes de rivets.

Petite chaudronnerie. La fabrication des petites pièces qui nécessitent un travail minutieux, délicat, et dont le modèle n'est pas répété pour ainsi dire à l'infini, est restée entre les mains d'ouvriers modestes, souvent fort habiles, auxquels ont souvent recours les physiciens, les chimistes, les distillateurs, les parfumeurs, etc.... lorsque ceux-ci désirent obtenir des appareils spéciaux métalliques de la grandeur de ceux que nous sommes habitués à voir dans les laboratoires.

Nous allons donc parler des différentes parti-

cularités du travail de la petite chaudronnerie, qui comprend, non seulement la fabrication des pièces en cuivre, mais encore celles en tôle de fer et même en zinc et nous dirons, en passant, que pour l'exécution de ce travail, le talent du chaudronnier égale souvent celui de l'orfèvre, car ils procèdent l'un et l'autre de la même façon.

Ce qui distingue le plus souvent la petite chaudronnerie, c'est la présence des brasures et soudures pour l'assemblage des différentes parties d'une même pièce, quoique souvent l'assemblage se fasse aussi au moyen de rivets.

L'opération la plus importante est le travail du métal au marteau, travail spécial de martelage par lequel l'ouvrier donne les formes qu'il désire, depuis la trompette et le vase d'orfèvrerie jusqu'à la vulgaire mais non moins précieuse casserole.

Ce martelage spécial se divise en trois opérations : 1° *l'emboutissage* qui se fait au moyen du marteau à emboutir (fig. 14), et en frappant, soit à faux, soit sur un tas concave généralement en bois, sur la pièce à emboutir ; 2° la *retreinte* qui consiste à ramener le cuivre sur lui-même, à le resserrer, et qui se fait au moyen du marteau à retreindre (fig. 15), en frappant le cuivre sur le bord d'un tas en acier ; 3° le *planage*, qui est la dernière opération, s'effectue avec le marteau à planer (fig. 16) sur des tas de différentes formes selon la configuration de la pièce.

Quand on voit le chaudronnier frapper sur une tôle, on est étonné, au premier abord, vu la malléabilité de la matière travaillée, quand il s'agit de cuivre surtout, du nombre des coups de marteau tellement rapprochés qu'il semble être donnés à la même place. Ces coups de marteau ont pour but d'allonger ou de resserrer le métal d'une façon aussi progressive que possible, de façon à éviter les gerçures entre les parties martelées et celles qui ne le sont pas ou le sont moins, le métal s'écrouissant rapidement et devenant alors cassant. De là aussi la nécessité de recuire souvent le métal pour lui rendre sa malléabilité.

Les formes principales qui résument en quelque sorte tous les travaux de la petite chaudronnerie sont les confections d'une bassine, d'une

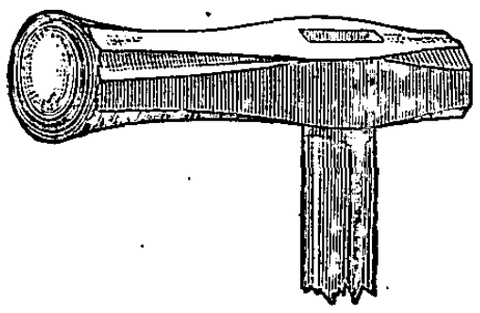


Fig. 14. — *Marteau à emboutir.*

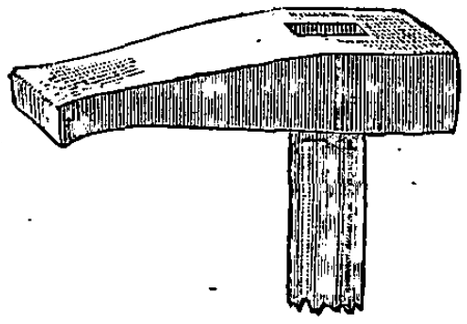


Fig. 15. — *Marteau à retreindre.*

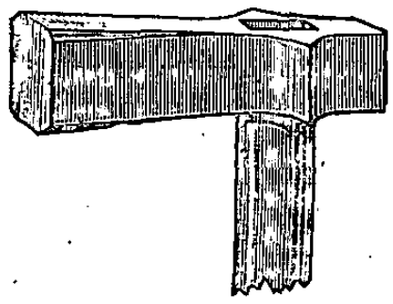


Fig. 16. — *Marteau à planer.*

casserole, d'un tuyau, d'un serpentin. Nous allons donc passer en revue la confection de ces sortes de pièces, laissant au lecteur le soin de conclure de la fabrication de ces pièces simples à celle de pièces plus compliquées.

La confection d'une bassine ou d'une casserole est le résultat d'un travail d'emboutissage et de retreinte.

L'emboutissage au marteau se fait en frappant avec un marteau à panne arrondie, la feuille de tôle placée sur un tas, puis en élargissant peu à peu les coups de marteau de façon à arriver à faire une portion creuse. Cela fait on pose la partie creuse sur une bigorne et au moyen de coups de marteau, donnés à l'extérieur, on agrandit peu à peu la partie creuse ; on peut ainsi faire une calotte demi-sphérique, en s'éloignant plus ou moins de la forme sphérique. Le métal prenant de la dureté par ces martelages, on a soin de le recuire, c'est-à-dire qu'on le porte à la température rouge ; on le laisse refroidir et on le travaille de nouveau. On voit aisément qu'en continuant le martelage extérieur sur des bigornes ou des tas convenables, on peut passer de la forme demi-sphérique à la forme cylindrique à fond plat, c'est-à-dire à la forme d'une casserole. Mais dans ce cas, il est plus économique de former une partie cylindrique dont on rabat les bords d'un côté, puis de rapporter un fond que l'on brase au cylindre. Les brasures s'opèrent alors de la façon suivante, ainsi que nous l'avons dit plus haut : on taille les portions à joindre, en forme de queues d'arondes, pouvant s'emboîter les unes dans les autres, puis on saupoudre de borax et de soudure forte ; on passe au feu. On réunit d'abord les bords de la plaque qui doit former le cylindre, puis le fond à ce même cylindre. L'agrafage suffit dans ce cas à maintenir les pièces réunies pendant le brasage ; mais s'il s'agissait de braser une tubulure sur un tuyau, on réunirait les deux pièces ensemble pour plus de sûreté avec des fils de cuivre. Après cette opération, on soumet les pièces à un sous-planage qui aplanit et égalise bien l'endroit de la brasure, l'ébarbage à la lime ne s'opère que pour les pièces qu'on ne peut sous-planer comme les tuyaux et tubulures. Tels sont les procédés dont on se servait partout autrefois pour la fabrication des casseroles, fabrication rendue très simple aujourd'hui par l'emploi de machines à emboutir, qui permettent de réduire les opérations, de les régulariser et de faire d'une pièce certains objets, qu'il eût été impossible ou trop coûteux de fabriquer ainsi.

Quoique les tuyaux en cuivre se fassent aujourd'hui sans soudure et soient l'objet d'une fabrication spéciale, la petite chaudronnerie a aussi à faire des tuyaux brasés ; ceux-ci se fabriquent de la façon suivante : après avoir eu soin d'amincir au marteau les bords à souder, on replie au marteau, sur un mandrin, une lame de cuivre placée en long sur ce mandrin, puis les bords de la lame une

fois réunis pour pratiquer la brasure, on opère comme il suit : dans une lame pliée en forme de rigole et pouvant entrer facilement dans le tuyau dont on a séparé le mandrin, on verse de la soudure forte que l'on arrose et que l'on saupoudre de borax, puis on introduit la rigole sur le joint du tuyau et l'on retourne celle-ci, la soudure tombe sur le joint, mais le borax tombe le premier et sert d'intermédiaire. On introduit ensuite le tuyau dans un feu de forge, le borax en fondant décape les surfaces, la brasure fond ensuite et remplit les vides. Au fur et à mesure de la fusion, on avance le tuyau de telle sorte que les deux lèvres se trouvent peu à peu réunies dans toute la longueur. On conçoit que ce travail exige de l'expérience, car si l'opération n'est pas suivie attentivement, la brasure peut couler en pure perte dans le foyer ; l'ébarbage des surfaces se fait après coup. Le travail de soudure fait à la soudure forte, alliage de cuivre et de zinc, s'appelle *brasage*, la soudure elle-même s'appelle *brasure*.

Un tube une fois fabriqué pour le contourner en serpentin, on le remplissait autrefois d'un mastic à base de bitume, et aujourd'hui plus généralement de résine que l'on fait chauffer pour l'avoir liquide. Le mastic une fois refroidi, le tube peut être traité comme une tige pleine, on l'enroule alors autour d'un arbre plus ou moins gros. Les plis qui ont pu se former sont enlevés ensuite à petits coups de marteau. Le mastic, resté à l'intérieur, est enlevé en le faisant fondre de nouveau.

Telles sont les principales opérations de la petite chaudronnerie, et nous ajouterons que si les opérations sont simples à décrire, c'est surtout par l'habileté de l'ouvrier que l'on obtient un travail qui offre de réelles difficultés d'exécution.

CHAUDRONNIER. *T. de mét.* Artisan qui fait au marteau toutes sortes de vases et d'ustensiles en cuivre, et même en tôle de fer, en zinc, etc. On donne le même nom aux ouvriers qui travaillent le cuivre et la tôle dans la fabrication des grandes pièces : chaudières à vapeur, récipients, tuyaux, etc. (V. l'art. précédent.) On distingue encore les *chaudronniers planeurs* qui planent, polissent et brunissent les planches de cuivre rouge destinées à la gravure, et les *chaudronniers faiseurs d'instruments* qui désignaient jadis les fabricants d'instruments de cuivre : cors, cornets à piston, tambours, cymbales, etc. Les *chaudronniers ambulants*, généralement originaires de l'Auvergne, sont ceux qui courent la province, achetant et vendant le vieux cuivre. On les nommait autrefois *chaudronniers au sifflet*.

— Il n'est point douteux que l'art du chaudronnier remonte à une époque fort reculée; lorsque les hommes ont eu le métal à leur disposition, ils ont dû le faire servir à la confection d'ustensiles domestiques. Nous voyons les chaudronniers groupés en corporation dès les premières années de notre histoire industrielle, leurs statuts qui datent du XIVe siècle, furent confirmés, remaniés ou augmentés par Charles VI, Charles VIII, Louis XII, Charles IX, Henri III, Henri IV et Louis XV. L'ordonnance de 1776 les réunit aux potiers d'étain et aux balanciers. Les chaudronniers qu'on appelait aussi *batteurs* et *dinandiers* du nom de la ville de Dinant, réputée pour sa belle chaudronnerie repoussée, étaient soumis, d'après Alexis Monteil, à une foule de restrictions ; ils ne pouvaient s'établir que dans les grandes villes ; vendre en détail que les jours de foire ; réparer les vieux ustensiles que jusqu'à un certain point ; sur chaque fonte, ils devaient donner une demi-livre de cuivre au luminaire de Saint-Eloi, etc. Il était aussi défendu aux *chaudronniers au sifflet* — ainsi nommés à cause d'une sorte de chalumeau

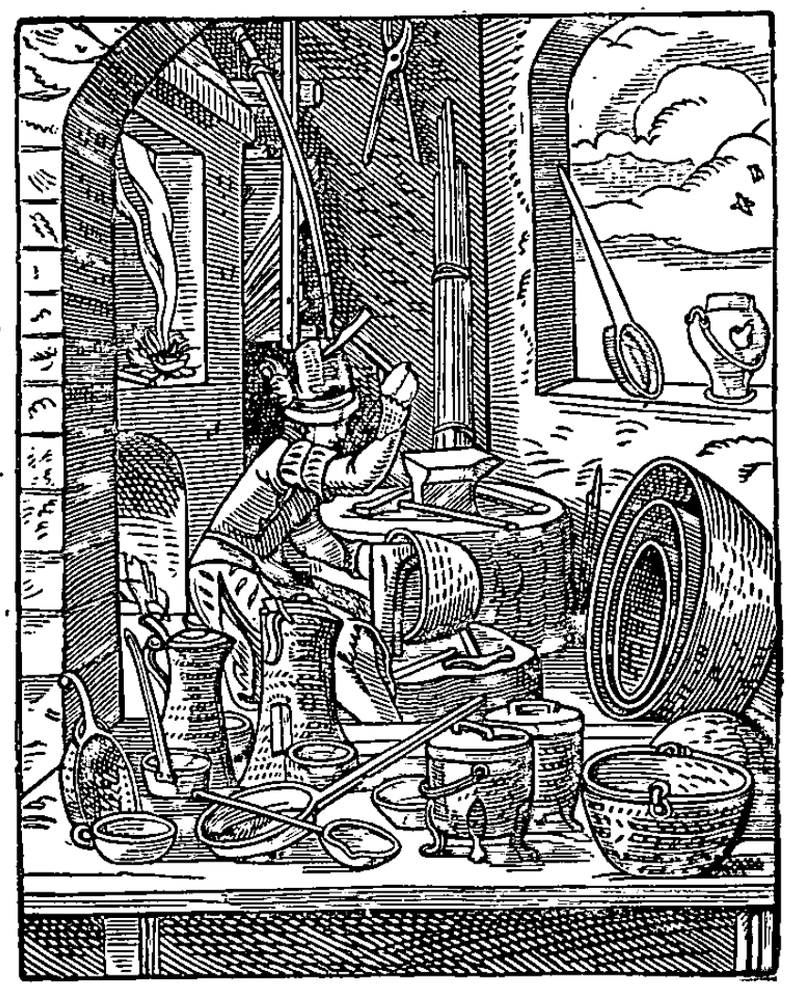


Fig. 17. — *Atelier de chaudronnier au XVIe siècle (Fac simile d'une ancienne gravure).*

ou sifflet dont ils se servaient pour annoncer leur passage — d'exercer leur métier dans les villes où les chaudronniers étaient en corps de jurande. Aux entraves apportées à l'expansion de leur industrie, nous devons ajouter que la chaudronnerie n'a jamais été estimée selon ses mérites : outre son incontestable utilité, elle a produit et elle produit encore des ouvrages d'une extrême difficulté et l'on ne peut méconnaître le talent de ces artisans, véritables orfèvres en cuivre, qui avec la pointe d'un marteau repoussaient sur le métal des paysages, des scènes et des personnages.

CHAUFFAGE. Considéré dans son acception la plus générale, le chauffage est l'utilisation et l'application de la *chaleur* (V. ce mot), produite par les combustibles brûlés dans des conditions diverses, à tous les usages qui en réclament l'emploi. Le chauffage se présente à nous sous les formes les plus variées. Nous les distinguerons en deux catégories principales :

1° *Chauffage des habitations et des édifices publics;*

2° *Chauffage industriel.*

Cette seconde catégorie, comprenant les nombreuses applications de la chaleur aux industries de toute espèce, se rattache naturellement à plusieurs mots qui sont l'objet d'études spéciales.

Nous allons nous borner à étudier ici le chauffage des habitations, des édifices publics, des prisons, des hôpitaux, des établissements industriels en énonçant les principes généraux de ces ins-

tallations, sans toutefois insister longuement sur les dispositions employées, car ces dispositions sont très nombreuses et très variées, elles se multiplient au gré des constructeurs, et nous ne saurions les passer toutes en revue sans sortir du cadre que nous nous sommes imposé. Toutefois, ces types divers peuvent se classer en cinq grandes divisions que nous établirons de la manière suivante :

1° *Chauffage direct de l'air, par la combustion et par le rayonnement,* au moyen de foyers placés dans le local même à chauffer : *cheminées, poêles;* 2° *Chauffage à l'air chaud,* transport de la chaleur par l'air, en appliquant l'action du calorique à un volume d'air échauffé en dehors et à distance quelconque du local où la chaleur doit être transmise : *Calorifères à air chaud;* 3° *Chauffage par l'eau chaude;* 4° *Chauffage par la vapeur;* 5° *Chauffage par la vapeur et par l'eau chaude combinées.*

Nous consacrerons ensuite une place spéciale à un système de chauffage dont les applications tendent à se multiplier chaque jour, le *chauffage au gaz,* qui se rattache à la première classe, au point de vue de son action directe, mais qui mérite d'être énoncé séparément à cause des dispositions particulières qui constituent son caractère distinctif.

Nous consacrons en outre une étude spéciale au *Chauffage des voitures,* qui est depuis longtemps l'objet des préoccupations des ingénieurs.

En développant successivement les principes fondamentaux de ces divers modes de chauffage, nous énumérerons sommairement les principales applications auxquelles chacun d'eux convient plus spécialement.

Nous aurons à parler aussi de la *ventilation,* car cette opération est intimement liée au chauffage, et l'on ne peut réaliser l'une sans se préoccuper de l'autre. Toutefois, pour ne pas déroger à l'ordre de ce dictionnaire, nous ne traiterons ici les questions de *ventilation* que très succinctement, renvoyant nos lecteurs à ce mot pour l'étude plus complète qu'il comporte.

Avant d'aborder l'examen des systèmes de chauffage, voyons comment on peut se rendre compte de la perte de chaleur qu'une enceinte chauffée éprouve par l'influence des murs et des fenêtres. L'étude du rôle des parois refroidissantes est en effet de première importance ; on verra dans les chapitres suivants comment on peut déterminer les déperditions provenant des parois.

Chaleur perdue par les murs. La température de l'air étant représentée par t, et celle de l'intérieur par t', l'excès de chaleur de l'intérieur à l'extérieur sera $t'-t$. Si nous représentons par C la conductibilité des matériaux composant la muraille, c'est-à-dire la quantité de chaleur traversant un mètre carré d'un mur qui aurait un mètre d'épaisseur; en appelant E l'épaisseur du mur de l'enceinte à chauffer, S la surface intérieure totale de ce mur, K étant le coefficient de rayonnement de l'extérieur du mur, la quantité d'unités de chaleur perdues par heure sera représentée par la formule

$$(a) \qquad Q = S\,\frac{KC(t'-t)}{KE+C}$$

Dans la pratique on admet pour C et pour K les valeurs suivantes :

Pierre ordinaire	C = 0.80	K = 9
Briques ordinaires.	0.68	9
Plâtre.	0.73	8
Boiserie en chêne	0.32	8
— en sapin	0.17	8

Perte de chaleur par les fenêtres. En appelant Q la quantité de calories qui se perdent par les fenêtres, t et t' les températures extérieure et intérieure, comme dans le cas précédent, représentant par S' la surface intérieure totale des fenêtres et désignant par p le coefficient de déperdition dû à l'influence du vitrage, on a la formule

$$(b) \qquad Q' = S'\,p\,(t'-t)$$

Pour chaque degré de différence entre t' et t, c'est-à-dire $t'-t=1$, on donne au coefficient p les valeurs suivantes :

$p=3{,}66$ par mètre carré de vitrage.

$p=3{,}00$ par mètre carré de fenêtre avec rideaux.

$p=1{,}70$ par mètre carré de double fenêtre.

En combinant maintenant les deux formules (a) et (b), on obtiendra une troisième expression (c) qui représentera la déperdition totale de calorique par les murs et par les fenêtres :

$$(c) \qquad Q+Q' = (t'-t)\left(\frac{SKC}{KE+C}+S'p\right)$$

formule dont le calcul donnera d'un seul coup la perte de chaleur par la surface de l'enceinte à chauffer.

Ce calcul est utile lorsqu'on veut se rendre exactement compte de la quantité de chaleur dont on pourra disposer pour le chauffage d'un local, connaissant d'ailleurs la somme de calories transmises dans ce local par le système de chauffage adopté. Toutefois, le calcul ne tient pas compte de toutes les circonstances qui peuvent influer sur le résultat, telles que l'exposition au vent, la situation relative aux locaux voisins, la déperdition par le sol, par les plafonds creux, dont la conductibilité est bien moindre que celle des murs pleins.

Indépendamment de ces divers facteurs, il faut encore, pour chauffer convenablement un local, tenir compte des courants descendants froids qui s'y produisent du côté des parois exposées aux influences extérieures. On doit s'attacher à combattre ces courants froids qui viennent affecter les individus d'une manière gênante.

Les murs recouverts d'un enduit perdent environ moitié des murs nus.

Les parois protégées par un local contigu perdent environ moitié de celles qui sont exposées au dehors.

La perte peut être considérée comme directement proportionnelle à la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur.

Un local ventilé exigera un surplus de chauffage équivalent à la quantité de chaleur emportée par l'air évacué, ce qui est facile à calculer.

Un homme fournit à peu près 80 calories à l'heure par la respiration et le rayonnement.

La combustion d'un mètre cube de gaz d'éclairage dégage 27,000 calories.

Le tableau ci-dessous donne des résultats qui peuvent être utiles quand on veut déterminer d'une façon pratique la quantité de calories perdues par les parois :

Nature des parois	Epaisseur	Calories perdues par mètre carré et par heure
Madriers en sapin.	0m,16	17
— —	0.08	19
Plancher.	0.07	26
—	0.054	28
—	0.034	40
—	0.027	42
Plafond avec couche d'air. . .	»	18
— plein	»	38
Mur en briques pleines	0.48	27
— —	0.36	32
— —	0.24	37
— —	0.18	45
— creuses. . . .	0.36	32
Murs en moellons.	0.50	43
— —	0.30	47
Une fenêtre vitrée simple perd	»	58
Une double fenêtre perd. . . .	»	44

Ces diverses indications montrent suffisamment quel intérêt présente, au point de vue des résultats à obtenir, l'étude minutieuse des influences et des circonstances qui peuvent modifier plus ou moins l'efficacité du chauffage, suivant les conditions dans lesquelles se trouve le local à chauffer.

Transmission de la chaleur à travers les corps. La quantité de chaleur qui traverse une plaque quelconque peut être représentée par la valeur

$$Q = (t - t')\frac{C}{E}$$

t et t' étant la température des deux surfaces; E étant l'épaisseur de la plaque à travers laquelle se transmet la chaleur; C coefficient donné par le tableau suivant :

Cuivre.	C = 64.00
Fer	29.00
Zinc.	28.00
Plomb.	14.00
Pierre calcaire grain fin	1.80
Pierre de liais	1.30
Plâtre gâché	0.33
Bois de chêne.	0.21
Bois de sapin	0.09
Verre	0.80

Perte de chaleur due au rayonnement. On peut l'exprimer par la formule :

$$R = Kt(1 + 0{,}0056\,t)$$

R étant la quantité de chaleur émise par heure et par mètre carré; t étant l'excès de température du corps rayonnant sur la température de l'enceinte, enfin K étant un coefficient variant suivant les chiffres ci-dessous :

Cuivre rouge	0.16	Fonte neuve	3.17
Laiton poli	0.24	Fonte oxydée	3.36
Zinc.	0.24	Peinture à l'huile . .	3.71
Tôle ordinaire . . .	2.27	Pierre de construct.	3.60
Tôle polie.	0.45	Plâtre, bois.	3.60

CHAUFFAGE DES HABITATIONS ET DES ÉDIFICES PUBLICS

Chauffage direct de l'air par la combustion et par le rayonnement. Ce mode de chauffage est le plus ancien, on peut dire même qu'il remonte aux premiers âges du monde, car il a pris naissance du jour où l'homme a su produire et utiliser la chaleur dégagée par les combustibles en ignition.

Quand l'homme chercha les moyens de se chauffer ou de faire cuire ses aliments, il alluma un brasier, d'abord sans doute en plein air, puis plus tard au milieu des grottes ou des cabanes sous lesquelles il s'abritait. Dès les premiers temps du moyen âge, le foyer se plaçait déjà près de l'un des murs du local habité, et c'est là qu'on retrouve l'origine des cheminées modernes.

BRASEROS

Le foyer primitif placé au milieu des habitations est aujourd'hui encore imité par les *braseros* qu'on emploie dans les pays chauds, et qui consistent en un vase où l'on brûle, à l'air libre, un combustible ne dégageant pas de fumée, tel que du charbon de bois ou de la braise. Ce mode de chauffage est évidemment très défectueux, autant au point de vue de son inefficacité que de son insalubrité. Il produit peu de chaleur, et il donne lieu à un dégagement d'acide carbonique et d'oxyde de carbone qui se mélangent à l'air du local chauffé et qui le rendraient bientôt impropre à la respiration, si une ventilation assez active ne le renouvelait pas constamment. Les pays où l'usage du *brasero* est encore en vigueur sont en général ceux où les habitations sont les moins bien fermées; la douceur du climat fait négliger le soin qu'on apporte ailleurs à établir des fenêtres et des portes bien closes; de sorte qu'on n'éprouve pas les inconvénients du *brasero*.

Plusieurs constructeurs ont essayé de le perfectionner et de l'adapter à nos habitations. Cette tentative nous paraît peu heureuse, et nous pensons que l'emploi de ces appareils ne doit pas être recommandé.

CHEMINÉES

Les cheminées, qui sont l'appareil de chauffage le plus répandu, sont aussi l'un des plus anciens. Le moyen âge nous en a laissé des specimens fort remarquables, dans ses édifices, dans ses châteaux, où de vastes cheminées décoraient les principales pièces, et permettaient de brûler d'énormes morceaux de bois sur un âtre dont les dimensions étaient parfois considérables. (V. CHEMINÉES). Plus tard, une transformation complète se produisit, et l'on en vint à réduire les dimensions des cheminées autant qu'on le savait exagérées dans l'origine. La cheminée, dite *à la prussienne*, est un des types les plus petits qu'on ait substitué aux cheminées monumentales du moyen âge.

La cheminée, en général, est un appareil de chauffage tout à fait imparfait, au point de vue de l'utilisation du calorique.

Les cheminées chauffées au bois ne rendent guère que 5 à 6 0/0 de la chaleur dégagée par la combustion. Celles qui brûlent de la houille rendent à peu près 10 à 12 0/0. Ce résultat est dû en grande partie à la section qu'on donne aux tuyaux

de dégagement de la fumée et des gaz produits par la combustion. La presque totalité de la chaleur est entraînée dans le tuyau par le courant d'air qui l'emporte au-dessus de la maison. C'est ce qui faisait dire à M. Péclet que la place la plus chaude d'une habitation était sur les toits, critique spirituelle du défaut inhérent au système de chauffage par les cheminées.

Le fonctionnement d'une cheminée est soumis à diverses influences qui le modifient plus ou moins, selon qu'on a pris plus ou moins de soins pour les combattre : 1° *influence de la quantité de combustible brûlé par heure;* 2° *influence de le hauteur du tuyau d'évacuation;* 3° *influence de la section de ce tuyau.*

Pour *augmenter le tirage,* c'est-à-dire pour accroître la *vitesse d'écoulement de la fumée,* il faut brûler une plus grande quantité de combustible, ou augmenter la hauteur du tuyau de sortie, ou en diminuer la section. Pour *augmenter la température* de la fumée, il faut brûler plus de combustible, ou réduire la hauteur du tuyau d'évacuation, ou diminuer sa section. Pour *augmenter la ventilation,* c'est-à-dire pour accroître le volume d'air appelé, il faut surtout augmenter la section du tuyau de sortie. On pourra aussi augmenter la quantité de combustible et élever la hauteur du tuyau, mais ces deux moyens sont beaucoup moins efficaces que l'augmentation de section. Pour *diminuer le volume d'air* appelé, il faut diminuer la hauteur et la section du tuyau de sortie, sans toutefois dépasser la limite à laquelle on gênerait le tirage et l'écoulement de la fumée.

Quantité d'air nécessaire à la combustion. En admettant pour la composition moyenne du bois de chauffage par kilogramme :

Carbone	0.350
Hydrogène	0.042
Oxygène	0.294
Eau hygrométrique	0.300
Matières minérales	0.014
	1.000

il faudra, pour brûler la totalité du carbone et de l'hydrogène, $3^k,500$ d'air pur par kilogramme de bois à brûler. Pour la houille la quantité d'air pur nécessaire à la combustion complète est de 8 mètres cubes par kilogramme de houille brûlée.

Dans la pratique on ne s'en tient pas à ces chiffres théoriques et on admet une quantité d'air au moins deux fois plus grande que la théorie ne l'indique. Ainsi on dépasse souvent 7 à 8 mètres cubes d'air pour les cheminées à la houille ou au coke.

On fait généralement arriver l'air avec une vitesse de 2 à 3 mètres au moins dans les foyers clos, comme le sont ceux des poêles et des calorifères. Mais, pour les cheminées il n'en est pas de même, et l'air n'afflue généralement pas avec une vitesse supérieure à 1 mètre ou 1^m50 en marche normale. Quand les cheminées sont munies d'une trappe, la vitesse augmente dans une proportion considérable dès que la trappe est abaissée, mais la combustion est moins complète à ce moment. Un des motifs pour lesquels les cheminées absorbent un volume d'air beaucoup plus considérable que celui qui serait nécessaire à la combustion, c'est parce que l'ouverture de la cheminée livre à l'air un libre passage et que la majeure partie de cet air passe à certaine distance du combustible et se rend au tuyau de la cheminée sans avoir contribué à la combustion, dont il a néanmoins absorbé une part de calorique.

Dans d'intéressantes expériences faites sur les cheminées d'appartement, au Conservatoire des Arts et Métiers, M. le général Morin a constaté que : 1° pour une cheminée marchant au bois, le volume d'air appelé par le tirage correspondait de 94 à 136 mètres cubes pour 1 kilogramme de bois brûlé; 2° pour une cheminée marchant à la houille, l'accès d'air a varié de 179 à 297 mètres cubes d'air par kilogramme de houille consommée, suivant qu'on dépensait de $4^k,42$ à $2^k,42$ de combustible à l'heure.

Un fait important qui ressort de ces expériences c'est que l'appel d'air est d'autant moins considérable qu'on brûle plus de combustible. Il y a donc avantage, au point de vue du chauffage, à n'employer que des petits foyers, où la quantité de

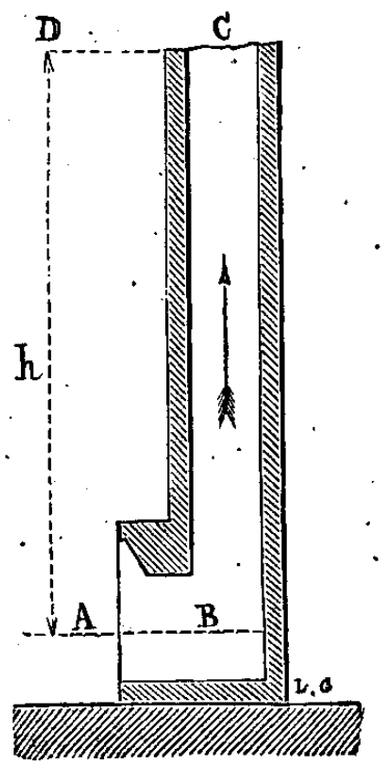


Fig. 18. — *Principe du tirage.*

combustible soit relativement forte par rapport à la surface de l'ouverture. En règle générale, on peut admettre qu'une cheminée fonctionnera dans de bonnes conditions quand son tirage appellera 100 mètres cubes d'air par kilogramme de bois à brûler et par heure, et 160 mètres cubes par heure pour chaque kilogramme de houille ou de coke.

Tirage des cheminées. On désigne sous le nom de *tirage,* pour une cheminée, le mouvement ascensionnel de la colonne d'air chaud qui s'élève dans le tuyau de sortie, sous la pression motrice de l'air froid qui exerce son action au bas du tuyau. Si on considère, en effet, un conduit de cheminée dans lequel se trouve un volume d'air chaud contenu de B en C (fig. 18), on voit que la section d'entrée sera, du côté intérieur, soumise à la pression de la colonne d'air chaud BC, tandis que du côté extérieur, sur la face A, c'est la colonne d'air froid DA qui agit sur le centre de l'ouverture. Or, comme les deux colonnes sont d'égale hauteur *h*, et que la colonne d'air froid DA

est plus lourde que la colonne d'air chaud BC, la première repoussera la seconde et déterminera un mouvement ascensionnel dans le tuyau, suivant le sens de la flèche. Ce mouvement se continuera à mesure que l'air affluant dans le foyer s'échauffera, et l'on aura obtenu ainsi ce qu'on appelle *le tirage de la cheminée*.

Pour calculer la différence de pression qui produit l'écoulement des gaz chauds, désignons par P la pression atmosphérique au haut de la cheminée en C; la pression extérieure qui s'exerce en A est par conséquent égale à la pression P, plus la hauteur h de la colonne d'air froid; cette pression a donc pour valeur $P+hd$, en désignant par d la densité de l'air à la température t, et par d' cette densité à la température t' dans la cheminée. La colonne d'air chaud exerce elle-même en B une pression qui est représentée par $P+hd'$.

Donc, la différence de ces deux pressions extérieure et intérieure, qui est la pression motrice, sera représentée par :

$$P+hd-(P+hd')=h(d-d')$$

Si maintenant nous représentons par d_0 la densité de l'air à 0 degré, prise comme terme de comparaison, on aura :

$$d=\frac{d_0}{1+\alpha t} \text{ et } d'=\frac{d_0}{1+\alpha t'}$$

On aura pour expression de la pression motrice :

$$h(d-d')=hd_0\times\left(\frac{1}{1+\alpha t}-\frac{1}{1+\alpha t'}\right)$$

$$=hd_0\times\frac{\alpha(t'-t)}{(1+\alpha t)\,(1+\alpha t')}$$

Cette formule représente en poids la valeur de l'impulsion qui détermine le tirage.

Prises d'air. Pour alimenter la combustion des cheminées on admet dans la pièce une quantité d'air beaucoup plus grande qu'il n'en faut; cette quantité se décompose en deux portions : l'une sert exclusivement à fournir l'oxygène nécessaire pour la combustion; — nous avons vu précédemment quelle est la proportion strictement indispensable par l'action chimique; — l'autre portion, et c'est de beaucoup la plus forte, est entraînée par le tirage sans avoir contribué à la combustion; elle s'échappe par le tuyau en enlevant une partie du calorique perdu pour le chauffage.

Comme la cheminée appelle l'air de la partie inférieure de la pièce, et que la pression extérieure est plus forte au niveau du plancher qu'à la hauteur du plafond, la rentrée d'air froid se fait principalement par le dessous des portes et par le bas des fenêtres. Les personnes qui sont devant la cheminée ont par conséquent les pieds et les jambes dans des couches d'air constamment refroidi par l'introduction du dehors, tandis que la tête est placée dans des couches plus chaudes. Cette rentrée d'air est une gêne et un inconvénient pour les personnes qui s'y trouvent exposées.

On a trouvé un remède facile pour alimenter plus pratiquement les cheminées, en ouvrant des prises d'air spéciales, disposées sur l'une des façades de la maison; on garnit leur ouverture, sur le mur de la maison, d'un grillage qui empêche les corps étrangers d'y pénétrer, ou les petits animaux, d'y chercher un refuge. Diverses dispositions sont adoptées pour amener, par des conduits dissimulés entre le plancher et le plafond, l'air froid jusqu'au dessous du foyer, et le faire déboucher devant l'ouverture de la cheminée. Dans les appareils les plus perfectionnés il y a un accès d'air froid qui se partage en deux courants, l'un venant alimenter la combustion, l'autre traversant des chambres ou des tuyaux chauffés par la flamme du foyer, et absorbant dans ce passage à travers les parties chauffées une quantité de calorique qui se répand ensuite avec l'air amené ainsi à l'intérieur de la pièce. Les appareils Fondet, Péclet, Cordier, Joly et tant d'autres répondent à ce but. Nous donnons, comme exemple de ces dispositions, un des specimens les plus employés. Ces appareils reçoivent l'air pris au dehors par un conduit qui passe sous le plancher, et l'échauffent au moyen de la chaleur absorbée par les surfaces métalliques qui composent cette installation. On a ainsi le double avantage d'amener de l'air pur, sans l'appel gênant que produisent à

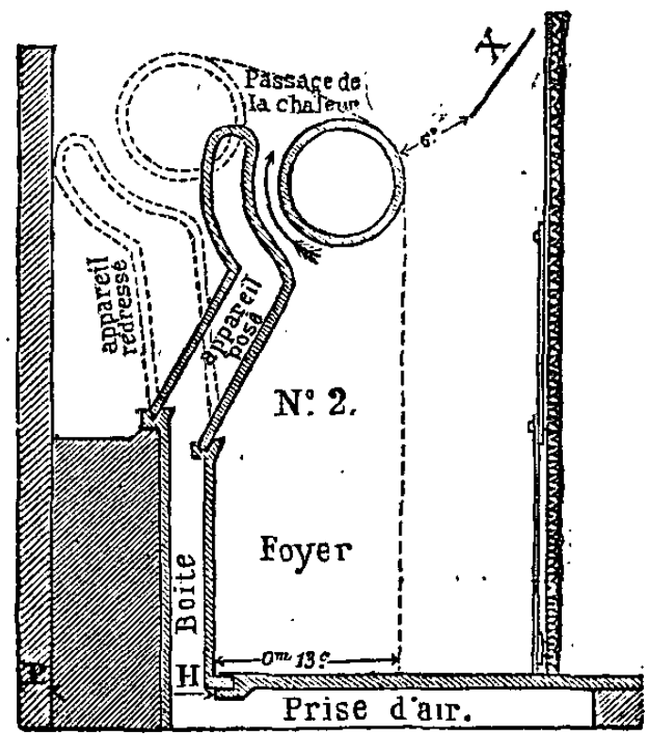


Fig. 19. — *Appareil Cordier, coupe du foyer.*

travers la pièce elle-même les cheminées ordinaires; et, au lieu de n'avoir d'autre moyen d'échauffer l'air de cette pièce que le rayonnement du foyer, on utilise directement une partie de la chaleur de ce foyer pour la transmettre à l'air amené dans l'appareil.

Un des types bien connus est l'appareil à tubes dont nous figurons ici une coupe et deux vues de détail (fig. 19, 20 et 21). La flamme du foyer traverse les tubes, disposés en chicanes pour mieux diviser cette flamme et pour ralentir son mouvement, afin d'absorber plus complètement le calorique. L'ensemble de l'appareil étant ainsi chauffé par le foyer, l'air afflue du dehors par dessous l'âtre, monte dans la boîte et de là dans le faisceau de tubes en losanges qui vont aboutir au cylindre supérieur A; c'est par les deux extrémités B et B' de ce cylindre que l'air chauffé durant son parcours vient déboucher dans la pièce. Le faisceau de tubes est mobile, et peut s'incliner en

arrière (comme le montrent les lignes pointillées) quand on a besoin de pénétrer dans l'ouverture du conduit de cheminée.

Un autre genre d'appareil ne diffère que pár la substitution de plaques à cannelures aux tubes du type précédent. Le fonctionnement est le même. En faisant arriver l'air par des prises spéciales, on n'a pas seulement l'avantage d'atténuer consi-

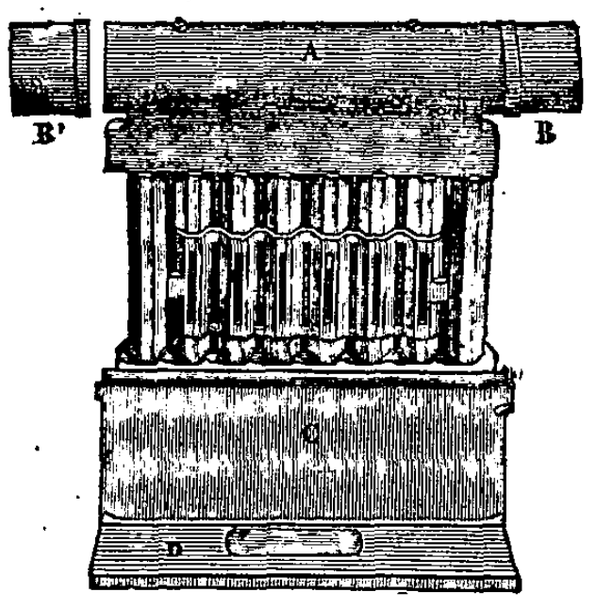


Fig. 20. — *Vue de face du faisceau de tubes.*

dérablement l'accès d'air par les fentes ou les joints des portes et des fenêtres ; on a encore la possibilité de chauffer l'air de l'appartement avec une bien moindre dépense de combustible parce que l'action du rayonnement s'exerce sur de l'air moins froid, et sur un courant animé d'une moindre vitesse.

Au lieu de donner, comme cela se fait le plus généralement, une section rectangulaire aux ouver-

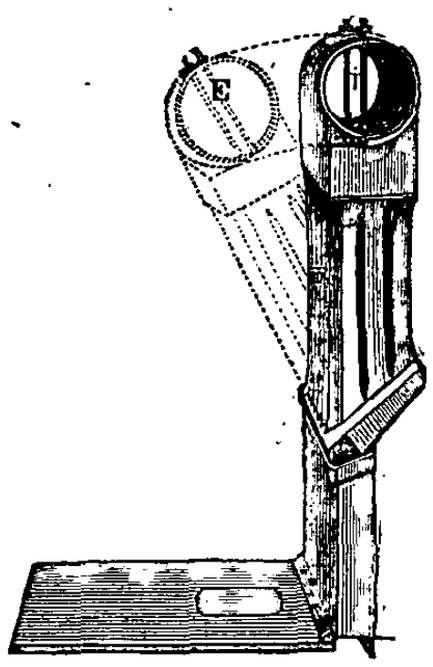


Fig. 21. — *Vue latérale de l'appareil tubulaire.*

tures des foyers, on peut éviter avec avantage les angles supérieurs absolument inutiles et réduire la section totale d'arrivée d'air en recourant à des cadres cintrés, auxquels se raccordent des foyers en forme de coquille ou niche à base elliptique.

Les cheminées ainsi établies débitent moins d'air et sont avantageuses au point de vue du tirage, tout en se prêtant parfaitement à l'échauffement préalable par contact de l'air appelé du dehors et émis par des bouches de chaleur placées généralement sur chaque face latérale de la cheminée.

Le foyer en coquille est quelquefois ondulé ou à nervures extérieures pour augmenter la surface de contact avec l'air qu'il doit échauffer.

Le foyer Joly est un des types les plus complets et les plus satisfaisants de ce genre de cheminées. Comme le montre la figure 22, qui est la coupe d'un foyer à coquille, l'air arrive sous l'âtre par le canal C que recouvre la plaque de fonte A. A l'orifice de sortie de la fumée une trappe L dont on règle l'ouverture par une tringle en fer, permet de donner plus ou moins de passage à la fumée et de fermer même totalement l'orifice supérieur.

Nous n'insisterons pas plus longtemps sur les dispositions des cheminées, réservant à ce mot la description de la *cheminée* ancienne et moderne. Nous ne parlerons pas non plus de la construction des cheminées, des dispositions à prendre pour les établir dans les meilleures conditions. Nous allons terminer les considérations générales que nous voulions exposer au sujet des che-

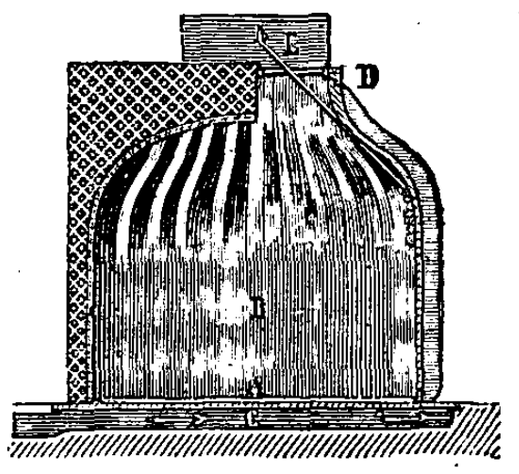


Fig. 22. — *Foyer en coquille pour cheminée ordinaire.*

minées par quelques indications sur les défauts à éviter et sur les moyens d'y remédier quand ils existent d'avance.

Réglage des cheminées. Une condition essentielle d'abord à remplir pour assurer le bon fonctionnement des cheminées, c'est le réglage de leur marche et des dispositions à donner à toutes leurs parties.

Il y a une relation à établir entre les dimensions de la cheminée et le volume de la pièce à chauffer. Il faut surtout que le conduit de sortie de la fumée ait une section bien proportionnée à la vitesse d'écoulement qu'on veut obtenir ; un diamètre trop grand donnerait une vitesse insuffisante ; un diamètre trop faible exigerait une augmentation de hauteur pour ramener la vitesse à de bonnes conditions. La vitesse de 3 mètres doit être considérée comme un minimum au-dessus duquel il vaut mieux se tenir ; on peut adopter, par exemple, une vitesse de $1^{m},50$ comme une bonne moyenne. Toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse augmentant avec la hauteur, on proportionnera le diamètre selon la plus ou moins grande hauteur dont on disposera. Les mêmes considérations s'appliquent indistinctement aux cheminées brûlant du bois et à celles qui brûlent de la houille ou du coke.

Causes de fumée. Ce que nous avons déjà dit à propos du tirage et de la proportion à donner aux sections d'écoulement des gaz, se rattache à l'objet

de l'examen que nous allons faire. Néanmoins nous croyons utile de rappeler sommairement ces causes, en indiquant autant que possible le remède à employer, lorsque, dans la construction, on a négligé de proportionner convenablement la hauteur, la section, la dimension du foyer et les orifices de prise d'air.

1° *Défaut de prise d'air.* Cet inconvénient se produit quand on n'a pas établi dès le début des entrées suffisantes pour l'air appelé par le tirage. Nous avons vu qu'il fallait pouvoir admettre au moins 100 mètres cubes d'air par kilogramme de bois, et 160 mètres cubes par kilogramme de houille ; si on n'atteint pas cette limite, on n'a pas une vitesse assez grande pour l'écoulement des gaz ; si on la dépasse trop, on a un excès d'air froid qui augmente la densité du mélange gazeux et ralentit l'écoulement dans le tuyau d'évacuation. Si à cette cause de réduction du tirage vient se joindre un obstacle à l'entrée de l'air dans la pièce, il se produit une dépression, le courant ascendant tend à se modifier, il se forme même parfois des courants descendants et des remous qui occasionnent des rentrées de fumée.

Le remède consiste évidemment dans l'agrandissement des prises d'air existantes, ou si ce premier moyen n'est pas possible, dans l'addition de prises nouvelles, de ventouses venant déboucher sous le manteau de la cheminée ; ou bien encore dans le rétrécissement de l'orifice supérieur d'évacuation, ou du foyer au moyen de murettes latérales ; enfin dans l'établissement d'un tablier mobile, s'il n'en existe déjà un.

2° *Température trop basse de la fumée.* Cette température est liée avec le tirage ; si elle est trop basse le tirage devient insuffisant. On devra, dans ce cas, activer la combustion en rétrécissant le foyer, en diminuant l'accès d'air froid qui afflue au tuyau supérieur. On aura recours, si les moyens ordinaires ne suffisent pas, à l'emploi des *cheminées ventilatrices.*

3° *Manque de hauteur.* C'est là un défaut de construction auquel le remède le plus simple est l'exhaussement du tuyau, quand on peut le faire, soit en reprenant la construction, soit en ajoutant un prolongement en tôle, ou des aspirateurs qui favorisent le tirage dès que le moindre vent se fait sentir.

4° *Conduits en communication.* La réunion de plusieurs conduits de cheminée dans un canal commun, ou seulement la communication entre deux conduits voisins sont des dispositions vicieuses qu'il faut éviter dans tous les cas. Les courants ascendants n'étant jamais d'égale intensité, il se produit des remous et des retours de fumée en sens inverse ; ou bien, si l'un des foyers ne fonctionne pas, il s'établit un courant descendant qui ramène la fumée dans la pièce où il n'y a pas de feu. Ce défaut s'aggrave encore lorsque les tuyaux ou communication se rencontrent sous un angle plus ou moins ouvert, surtout si l'un des conduits est vertical et qu'il reçoive la fumée d'un autre conduit d'une faible inclinaison.

Le moyen employé pour remédier à ce défaut, consiste ordinairement dans l'addition de *languettes* ou cloisonnements dans l'intérieur du conduit commun, de façon à diviser les courants jusqu'à une certaine hauteur dans ce conduit.

6° *Action du vent.* Le vent est assurément une des causes qui font le plus souvent obstacle au dégagement de la fumée. Il exerce une pression sur l'orifice extérieur par lequel le courant gazeux s'élève, et suivant qu'il a plus ou moins de violence, il peut intercepter et refouler même dans le tuyau la fumée à la sortie de laquelle il s'oppose. Les mitres, les capuchons fixes et mobiles, les ventilateurs, aspirateurs, brise-vent, dont les formes sont extrémement variées, sont les seuls moyens de combattre l'action du vent.

7° *Modifications atmosphériques.* Les changements survenus dans l'état de l'atmosphère, l'action du soleil, l'abaissement de la température, les temps brumeux et lourds, l'humidité, l'approche des orages, sont autant de causes accidentelles qui modifient plus ou moins le tirage des cheminées. A ces causes passagères il n'y a pas de remède à chercher ; le mal cesse aussitôt que la cause n'existe plus.

POÊLES.

Le poêle est un appareil de chauffage simple et économique ; son rendement en calorique utilisé est très considérable, et son emploi pour les usages domestiques est par conséquent très avantageux. Il a pour principe essentiel l'échauffement direct de la masse d'air au milieu de laquelle il est placé. Il se compose, en général, d'un foyer où la combustion s'opère à l'intérieur d'une enveloppe, au contact de laquelle l'air ambiant absorbe le calorique dégagé par le combustible en ignition. Le chauffage au moyen des poêles doit remonter jusque vers l'année 1500. Il a pris sans doute naissance en Allemagne, car, dès 1619, le livre de Keslar donnait la description d'un poêle allemand qui a été le point de départ du système d'appareils encore usités maintenant en Allemagne.

Les formes et les dispositions des poêles varient à l'infini ; nous n'entrerons pas ici dans l'examen approfondi des nombreux types qui se construisent actuellement. Nous ne voulons envisager les poêles que sous le rapport de leur utilisation comme appareils de chauffage, sans entrer dans la description des formes qui se multiplient de jour en jour. — V. Poêles.

Pour rendre plus nette l'étude que nous nous proposons de faire. Nous diviserons les poêles en deux categories : 1° *poêles sans circulation d'air ;* 2° *poêles avec enveloppe et circulation d'air.* Nous examinerons leur emploi, leurs avantages, leurs qualités et leurs défauts en général.

Poêles sans enveloppe et sans circulation d'air. La chaleur dégagée par le combustible est transmise directement par les parois du foyer à l'air qui enveloppe l'appareil, et cet air se renouvelle continuellement au contact des parois chaudes. La surface extérieure est métallique, en tôle, ou en fonte, ou bien elle est en produits céramiques, faïence, terre réfractaire, poterie vernissée. Les appareils à surface métallique, s'é-

chauffant plus vite, transmettent plus rapidement le calorique; les parois en poterie ou en faïence s'échauffent lentement, mais conservent beaucoup plus longtemps la chaleur. Les poêles métalliques les plus simples consistent en une sorte de récipient formant le foyer, surmonté d'une cloche, qui fait l'office de couvercle, avec un tuyau placé sur le côté du foyer pour le dégagement de la fumée. De ce type primitif aux poêles que nous voyons sortir des ateliers des meilleurs constructeurs, il y a loin évidemment sous le rapport des dispositions soignées et de l'élégance des formes; mais, il y a beaucoup moins de différence qu'on le supposerait *à priori* entre les rendements de ces divers types.

Parmi les perfectionnements les plus importants qu'on a appliqués aux poêles, les *appareils à alimentation continue* se font remarquer par leur commodité et leur économie.

A ce genre se rattachent les *thermostats* et autres poêles à alimentation continue que l'on construit sous des noms divers.

C'est encore dans la même catégorie qu'on rangera les *poêles mobiles*, appareils à enveloppe, *sans circulation d'air*. Le foyer est placé au centre de l'enveloppe cylindrique; il est lui-même concentrique à cette enveloppe, et sa partie inférieure est munie d'une grille circulaire composée d'une portion fixe et d'une portion mobile qu'on manœuvre pour faire tomber les cendres. La partie supérieure est fermée par l'obturateur.

On a beaucoup exalté la possibilité de rendre *mobiles* ce genre de poêles et de les rouler alternativement d'une pièce dans une autre, selon qu'on a besoin de chauffer l'une ou l'autre à volonté. Il faut bien se garder de placer ces poêles dans une position qui nuise au tirage; à plus forte raison, ne jamais essayer de les faire fonctionner sans que le petit tuyau destiné à l'évacuation des produits de la combustion soit engagé dans une cheminée où le tirage soit convenablement établi. Autrement, la *mobilité* de ces appareils peut être la cause d'accidents graves, par imprudence ou par ignorance des précautions à prendre pour leur installation.

Dans la catégorie des poêles sans circulation d'air, citons encore les *poêles métalliques* à nervures et à surfaces ondulées, dispositions qui ont pour but d'augmenter l'effet utile en offrant à l'air ambiant une plus grande surface de contact. MM. Cuau, Giraudeau-Jalibert, et d'autres encore ont créé des types de ce genre qui donnent d'excellents résultats. Les poêles Gurney, Geburth, sont construits sur le même principe, avec des ailettes augmentant la surface de chauffe.

POÊLES AVEC ENVELOPPE ET CIRCULATION D'AIR. Le type le plus généralement employé est le poêle de salle à manger, qui se compose d'une cloche en fonte contenant le foyer, et d'une série plus ou moins développée de tuyaux surmontant la cloche et servant de conduits d'évacuation aux produits de la combustion. On obtient ainsi une sorte de *poêle calorifère*, dont la partie métallique est enfermée dans une enveloppe en faïence ou en terre émaillée. L'air frais amené, comme à une cheminée, par des ventouses sous le plancher, ou bien arrivant directement par des bouches de prise d'air placées au niveau du parquet, se répand dans l'espace restant libre entre la cloche et l'enveloppe, ensuite entre celle-ci et les tuyaux ascendants; puis, après s'être échauffé au contact de leurs parois, cet air se répand dans la salle par des bouches de chaleur disposées dans les côtés ou le fronton du poêle.

De cette disposition simple on a été conduit à en chercher d'autres plus compliquées, en vue d'augmenter la surface de contact de l'air avec les conduits métalliques par lesquels s'échappent les produits de la combustion. Un grand nombre de types ont été créés; nous en décrirons quelques-uns à l'article POÊLE. Nous nous bornerons ici à cette description sommaire, en ajoutant que dans cette seconde catégorie de poêles, ceux qui paraissent devoir donner les meilleurs résultats sont ceux qui présentent les dispositions les plus complètes pour augmenter la surface de contact de l'air à chauffer avec les conduits de fumée, et pour éviter les causes de refroidissement par les parois extérieures de l'appareil.

Sous ce dernier rapport, les *poêles céramiques*, comme, par exemple, ceux de M. Muller, ainsi que les poêles suédois ou russes, ont une supériorité réelle pour la conservation du calorique. Mais, ils ont d'autre part, l'inconvénient d'exiger des dimensions plus grandes, parce que la transmission de la chaleur à travers les parois en terre réfractaire est beaucoup plus lente qu'à travers les parois métalliques.

Economie des poêles. Nous avons dit que le poêle, en général, est un mode de chauffage très économique. Les résultats énoncés dans le tableau suivant nous en fournissent la preuve. Nous y trouvons aussi la confirmation de ce que nous avons déjà signalé, à savoir que les divers systèmes, malgré leurs différences dans les dispositions, arrivent à peu près au même résultat comme effet utile. Il ne faut donc pas attacher une trop grande importance aux avantages que certains constructeurs prétendent offrir, souvent au prix de complications, qui ne constituent pas, en réalité, des améliorations aussi importantes qu'on l'annonce.

Voici le résumé des expériences faites par M. le général Morin, sur des poêles de constructions diverses et avec des combustibles différents :

	Rendement calorifique.
Poêle en faïence, chauffé au bois.	0.869
— en tôle, chauffé à la houille.	0.900
— en fonte, système Gurney.	0.901
— — — René-Duvoir	0.856
— — à flamme renversée	0.940
— — — avec ventilation.	0.845
— en terre réfractaire, système Muller..	0.933

L'examen de ce tableau nous fait voir que le système qui a produit le résultat le moins favorable est précisément celui qui présente le plus de complication dons sa construction.

On y voit aussi qu'un poêle, construit dans de bonnes conditions, permet d'utiliser en moyenne 85 à 90 0/0 du calorique produit par la combus-

tion. C'est au moins sept à huit fois plus de rendement qu'avec les cheminées. Le chauffage par les poêles est donc pour les appartements le système le plus économique. Malheureusement c'est aussi le moins salubre, et il présente sous ce rapport des défauts que nous allons examiner.

Défauts des poêles. 1° *Les poêles ne déterminent pas une ventilation suffisante dans les pièces chauffées.* La combustion s'effectue, en effet, dans les poêles avec une proportion d'air beaucoup moindre que dans les cheminées; les orifices d'entrée et d'évacuation se trouvent réduits aux dimensions, souvent très petites, des portes et des tuyaux de sortie; on conçoit que la masse d'air appelée par le tirage est beaucoup moins considérable et, par suite, le renouvellement de l'air dans la salle chauffée est réduit aux plus minimes quantités. On peut évaluer l'air qui s'introduit dans le poêle par le tirage à 5 mètres cubes environ par kilogramme de bois brûlé, à 6 ou 7 mètres cubes par kilogramme de houille brûlée, et à 10 ou 12 mètres cubes par kilogramme de coke. L'aspiration d'air produite par une cheminée est cinquante fois plus considérable, et par conséquent le renouvellement de l'air dans le local chauffé est beaucoup plus rapide.

Ce déplacement si faible de l'air ambiant explique bien pourquoi la température s'élève assez vite vers la partie supérieure de la pièce, tandis que la nappe d'air au voisinage du plancher reste plus froide, ce qui fait qu'on est exposé à avoir la tête dans des couches d'air chaud tandis qu'on a les pieds dans une couche d'air relativement froid; c'est précisément le contraire de ce que veut l'hygiène, qui recommande d'avoir les pieds chauds et la tête froide.

2° *Les poêles dessèchent l'air.* L'air que nous aspirons dans l'atmosphère contient toujours une certaine proportion de vapeur d'eau, et nos organes sont habitués à cette humidité qui leur est nécessaire. Dès que l'atmosphère se trouve privée de ce degré d'humidité, il en résulte une action fâcheuse sur les membranes muqueuses, qui se dessèchent et qui sont excitées à une secrétion fatigante. L'aspiration d'un air trop sec irrite les voies respiratoires, et tend à les amener à un état morbide qu'il faut éviter pour les individus sains, et à plus forte raison chez ceux qui ont une maladie déjà existante de ces organes. L'usage des poêles produit ce résultat. Mais on peut y remédier en plaçant sur le poêle un bassin d'eau qui rend à l'air, par l'évaporation, le degré d'humidité convenable. Dans les poêles munis d'une enveloppe on peut disposer un récipient d'eau sur le parcours des conduits d'air chaud, de façon que le courant d'air se sature de vapeur au passage et entretienne ainsi dans la pièce l'humidité nécessaire. Il faut compter 1 litre environ d'eau à vaporiser par jour pour une capacité de 50 à 60 mètres cubes d'espace à chauffer. En prenant cette précaution on corrigera en grande partie l'inconvénient que présentent les poêles au point de vue des qualités hygrométriques de l'air que respirent les personnes habitant les locaux chauffés par ce système.

3° *Les poêles métalliques, et surtout ceux en fonte, répandent une mauvaise odeur et des gaz insalubres dans l'atmosphère.* La mauvaise odeur se produit lorsque les surfaces chauffées au rouge se trouvent en contact avec des nappes d'air plus ou moins chargées de poussières atmosphériques, c'est-à-dire de ces corpuscules qui existent toujours dans l'air et dont la nature ainsi que la quantité varient suivant les circonstances locales. Ces poussières brûlées au contact des parois rougies déterminent une odeur d'autant plus désagréable qu'elles renferment des matières d'origine animale ou végétale en plus ou moins grande quantité. Mais, indépendamment de cette mauvaise odeur, il se produit dans les pièces chauffées par des poêles un dégagement d'oxyde de carbone qui peut, s'il atteint une certaine proportion, rendre l'air insalubre et occasionner des malaises plus ou moins graves.

Ces faits, bien connus de tout le monde, ont été mis en évidence et étudiés avec soin surtout depuis que M. le docteur Carret, médecin de l'Hôtel-Dieu de Chambéry, a appelé l'attention sur cette question par un premier mémoire adressé, en 1865, à l'Académie des sciences. M. Carret attribuait à l'emploi des poêles en fonte certaines maladies qu'il avait observées, et le dégagement d'oxyde de carbone produit par ces poêles était, suivant lui, le résultat de la transfusion de ce gaz à travers les pores de la fonte échauffée. Cette explication parut d'abord singulière et trouva parmi les savants de sérieuses contradictions. De longues recherches furent alors faites de part et d'autre, M. Carret continuant ses expériences et ajoutant de temps en temps de nouvelles preuves à l'appui de ses assertions. Il est vrai que MM. Sainte-Claire Deville et Troost avaient annoncé, en 1863, que des tubes de fonte chauffés sont perméables à l'air atmosphérique. La question souleva une série de polémiques et fut l'objet de plusieurs rapports à l'Académie des sciences, mais le seul fait qui se dégagea nettement des expériences entreprises pour soutenir ou pour combattre la thèse de la perméabilité des métaux à l'oxyde de carbone, fut la démonstration évidente de la présence de ce gaz toxique dans les locaux chauffés par des poêles. Quant à l'origine de cet oxyde de carbone, les expériences n'amenèrent aucune démonstration concluante, et la perméabilité resta comme une des meilleures explications admises pour le fait en question.

Il nous semble cependant qu'on n'a pas besoin de recourir à cette explication très discutable pour se rendre compte de la formation de l'oxyde de carbone au contact des parois rougies de la fonte. Les parties d'un poêle en fonte, et aussi d'un poêle en tôle, qui ont été plus ou moins souvent chauffées au rouge présentent des traces bien visibles d'oxydation; il est certain que cette oxydation se produit avec plus ou moins d'activité selon que les parois métalliques ont été chauffées plus ou moins longtemps à une température plus élevée. Or, n'est-il pas naturel d'admettre que, dans ce cas, comme dans les expériences citées par Thénard dans son

Traité de Chimie, le métal chauffé au rouge décompose l'acide carbonique de l'air, et s'emparant d'un équivalent d'oxygène, transforme en oxyde de carbone les molécules d'acide carbonique ainsi décomposées. Puisqu'on constate l'oxydation du métal, c'est qu'il y a eu absorption d'oxygène; donc il peut se faire alors que l'acide carbonique contenu dans l'air qui a léché les parois rougies ait concouru à cette réaction en cédant une partie de son oxygène au métal oxydé. — Il est vrai que l'air lui-même peut fournir de l'oxygène et produire l'action chimique que nous constatons; mais puisque l'air atmosphérique contient toujours une certaine proportion d'acide carbonique, et que l'acide carbonique peut se décomposer en oxyde de carbone au contact du métal chauffé au rouge, est-il moins rationnel d'admettre cette cause toute naturelle que d'admettre la transfusion du gaz à travers les parois métalliques? explication assurément plus problématique que la précédente.

Il faut considérer aussi que les poussières brûlées sur la surface rougie peuvent donner, par leur combustion incomplète, une certaine quantité d'oxyde de carbone. Il y aurait, à notre avis, un moyen certain de s'assurer expérimentalement si la production de l'oxyde de carbone est réellement due à la décomposition de l'acide carbonique de l'air : il faudrait faire fonctionner le poêle dans une enveloppe où l'on n'admettrait que de l'air préalablement débarrassé d'acide carbonique par une épuration chimique, en laissant arriver l'air nécessaire à la combustion par un orifice entièrement isolé de l'enveloppe soumise à l'expérience. Dans ces conditions il ne pourra se former d'oxyde de carbone que par transfusion de ce gaz à travers les pores du métal, et la perméabilité sera démontrée. Si l'on ne constate pas d'oxyde de carbone dans l'air épuré qui aura circulé au contact des parois rougies, on répètera l'expérience avec un courant lent d'air atmosphérique contenant la proportion moyenne d'acide carbonique que l'on connaît; et si dans ce cas le courant d'air traversant l'enveloppe du poêle rougi présente, à sa sortie, des traces d'oxyde de carbone, il n'y aura plus de doutes sur la formation de ce gaz par la décomposition de l'acide carbonique au contact du métal chauffé au rouge. La question encore controversée aujourd'hui serait résolue définitivement par cette expérience.

Chauffage par l'air chaud. Ce mode de chauffage consiste spécialement dans l'application d'un courant d'air employé comme véhicule du calorique que lui communique une source de chaleur, pour le transporter et le distribuer à une distance plus ou moins grande de cette source elle-même. Les appareils qui réalisent cette application se nomment *calorifères à air chaud*, souvent aussi *calorifères de cave* parce qu'ils se placent ordinairement dans les sous-sols ou dans les caves des habitations et des édifices.

Les calorifères proprement dits se distinguent donc *à priori* des cheminées et des poêles en ce que, au lieu d'être installés dans les locaux à chauffer, ils en sont plus ou moins éloignés, et leur envoient l'air chaud par des conduites dissimulées sous les parquets et dans les murs. Ainsi, quelles que soient les formes et les dispositions des diverses pièces concourant à cette installation, un calorifère à air chaud se compose essentiellement : 1° d'un foyer, généralement en fonte, appelé *cloche*, dans lequel on brûle le combustible, et qui se prolonge en tuyaux de fonte ou de tôle où la fumée circule en se rendant à la cheminée d'évacuation ; 2° d'une enveloppe en maçonnerie, poterie ou métal, entourant la cloche et les tuyaux de fumée, et constituant une capacité dans laquelle l'air, amené du dehors, vient s'échauffer au contact des parois métalliques ; 3° d'une ou de plusieurs conduites de distribution qui dirigent et distribuent l'air chaud dans les endroits où il doit transporter le calorique absorbé.

Nous n'étudierons ici que les principes fondamentaux de ce mode de chauffage et ses principales applications, mais le lecteur trouvera au mot Calorifère la description que nous avons déjà donnée des types d'appareils les plus employés.

Choix de l'emplacement. La place la plus convenable pour l'installation d'un calorifère est évidemment en contre-bas des salles à chauffer, car l'air chaud, tendant à s'élever en vertu de sa moindre densité, se distribuera mieux dans une marche ascendante que dans toute autre direction. C'est pourquoi les calorifères sont généralement installés dans les sous-sols ou dans les caves. On choisira l'emplacement autant que possible vers le centre de l'édifice ou de l'habitation à chauffer ; la répartition de la chaleur sera ainsi beaucoup plus uniforme que si l'appareil était placé à l'une des extrémités du bâtiment.

Prise d'air. L'air étant pris au dehors par un conduit qui l'amène jusqu'à la chambre de chaleur autour de la cloche, il importe : 1° que l'orifice de ce conduit soit placé dans un point où la pureté de l'air n'est pas altérée par des causes accidentelles ; 2° que la section de cet orifice et du tuyau d'amenée soit largement proportionnée au volume d'air maximum qui doit y affluer ; 3° que l'orifice de prise d'air soit muni d'un registre permettant de faire varier suivant les besoins le volume aspiré.

Il conviendrait aussi que l'air venant du dehors suivît une marche inverse à celle du courant de fumée et rencontrât des parties de plus en plus chaudes à mesure que sa température s'élève ; mais cette disposition a été peu appliquée, sans doute à cause des complications de formes qui peuvent en résulter.

Volume et température de l'air à distribuer. Pour établir le chauffage dans de bonnes conditions, il faut d'abord déterminer aussi exactement que possible le volume d'air chaud à distribuer. Il est clair que pour introduire un volume quelconque V d'air chauffé à une température que nous désignerons par *t*, il faut qu'il sorte simultanément du local un volume V' d'air refroidi, qui sera expulsé dans le même temps. S'il n'y a pas de ventilation spéciale, les deux volumes V et V' ne diffèreront que par leurs densités respec-

tives correspondant à la différence de leur température. Si, au contraire, il y a un appareil de ventilation et que les orifices de sortie d'air refroidi soient placés plus haut que les bouches de chaleur, il s'établira un courant par l'influence du tirage et le volume V' sera d'autant plus supérieur à V que le tirage sera plus actif. Dans ce cas V' — V sera l'excès de volume amené du dehors par la ventilation.

Désignons par θ la température de l'air pris au dehors, par t' la température de l'air à la sortie du local chauffé, par p la perte de chaleur due à l'action des murs, des planchers, des plafonds et des surfaces vitrées. Il faudra que la chaleur cédée par le volume V descendant de la température t, que lui a donnée le calorifère, à la température t', qu'il acquiert en cédant une partie de son calorique, soit égale 1° à la quantité de chaleur absorbée par le volume V' — V pour que sa température s'élève de θ à t', et 2° à la perte de chaleur p par les parois du local. On pourra donc établir la relation suivante :

$$(1)\quad V(t-t')=(V'-V)\times t'-\theta)+p$$

et si nous rapportons cette formule à la quantité de chaleur nécessaire par chaque mètre cube d'air introduit, comme le poids moyen de un mètre cube d'air est 1k,30, et que la capacité calorifique de l'air est 0,24, (c'est-à-dire qu'il faut 0,24 calories pour élever de 1 degré la température de 1 kilogramme d'air), la quantité de chaleur correspondant à l'élévation de 1 degré pour 1 mètre cube d'air sera représentée par $1{,}30 \times 0{,}24 = 0{,}312$.

Alors, pour que la formule (1) exprime la quantité de chaleur nécessaire par chaque mètre cube d'air introduit, elle s'écrira de la manière suivante :

$$(2)\quad 0{,}312\times V(t-t')=0{,}312(V'-V)\times(t'-\theta)+p$$

relation qui permettra de déterminer V, volume d'air à introduire, ou t, température à obtenir, selon qu'on aura assigné à l'une ou à l'autre de ces quantités la valeur qu'on voudra lui donner.

Si on admet pour t' la valeur moyenne de 15°, et pour θ la valeur de 0° la relation précédente devient

$$0{,}312\times V(t-15)=0{,}312\times(V'-V)\times 15+p$$

S'il n'y a pas de ventilation, et que V' soit considérée comme étant égal à V, la formule se simplifie et devient

$$0{,}312\times V(t-15)=p$$

Quantité de combustible nécessaire. Etant données la valeur du volume V d'air à introduire et sa température t, le nombre Q d'unités de chaleur à fournir dans l'unité de temps sera représenté par

$$0{,}312\times V(t-\theta)=Q$$

On admet généralement que 1 kilogramme de houille, qui donnerait théoriquement 7,500 à 8,000 unités de chaleur, ne donne pratiquement que 3,000 calories dans un petit calorifère et 5,000 dans un grand. Donc pour obtenir le nombre Q de calories à fournir par heure il faudra brûler un nombre de kilogrammes de houille représenté par

$$\frac{Q}{3000} \text{ ou } \frac{Q}{5000}$$

suivant qu'il s'agira d'un petit ou d'un grand calorifère.

Pour le coke le nombre sera le même ; mais pour le bois dont la combustion ne produit guère que 2,000 calories utilisées, la quantité de kilogrammes à brûler s'exprimera par $\frac{Q}{2000}$.

Surface de grille. On doit brûler en bonne marche, dans un grand calorifère bien construit, 60 kilogrammes de houille par mètre carré de surface de grille. Or, connaissant la quantité $\frac{Q}{5000}$ de kilogrammes de houille à brûler par heure, la surface à donner à la grille sera représentée par $\frac{Q}{5000\times 60}$ en donnant à Q sa valeur indiquée au paragraphe précédent.

Cette quantité est à peu près la même quand on brûle du coke ; mais il faut la doubler, quand on veut brûler du bois, de la tourbe ou de la tannée.

Surface de chauffe. La transmission du calorique est assurément plus intense à travers la cloche qu'à travers les tuyaux, mais d'autre part la température de l'air s'élève à mesure que le parcours s'allonge, de sorte qu'on peut considérer la surface totale de la cloche et des tuyaux ensemble comme ayant une action moyenne, dont la valeur est évaluée à 3,000 calories transmises par mètre carré et par heure.

D'après cela, connaissant la quantité Q de calories à fournir à l'air introduit par heure, la surface de chauffe S sera donnée par la relation :

$$\frac{S}{Q}=\frac{1}{3000} \quad \text{d'où} \quad S=\frac{Q}{3000}$$

Dans les calorifères à nervures on admet que les surfaces chauffées transmettent une fois et demie autant de chaleur qu'une surface lisse. Donc au lieu de 3,000 calories on adoptera le chiffre 4,500 calories transmises par mètre carré sans calculer le développement des nervures, et la relation précédente deviendra

$$S=\frac{Q}{4500}.$$

Dans les calorifères en terre réfractaire, la transmission du calorique est beaucoup plus lente ; on l'évalue seulement à 700 calories par mètre carré, et la surface de chauffe devient

$$S=\frac{Q}{700}$$

Les dimensions trouvées ainsi pour S sont des minimums au-dessus desquels il convient toujours de se tenir dans la pratique.

Dimensions de la cheminée. Nous supposerons qu'on détermine à l'avance la hauteur qu'on jugera convenable de donner à la cheminée, selon l'élévation du toit de l'édifice, et des toits voisins, selon les diverses influences qui peuvent agir sur l'échappement de la fumée.

Etant connue la hauteur h, et connaissant d'autre part le nombre $\frac{Q}{5000}$ de kilogrammes de houille à brûler la section s de la cheminée peut être représentée, comme l'indique M. Planat, dans

son *Cours de constructions civiles*, par la formule

$$\frac{Q}{5000} = 70 s \sqrt{h}$$

d'où on tire

$$s = \frac{350000 \sqrt{h}}{Q}$$

Pour le chauffage au bois il faudra adopter une section égale à une fois et demie celle qu'on donne pour la houille et le coke.

Dimensions des conduits d'air chaud. C'est une des parties importantes de l'installation d'un calorifère, car de la dimension de ces conduits dépend en partie la bonne distribution du calorique. On conçoit en effet que des conduits d'une section trop faible ne débiteraient pas la quantité d'air nécessaire, à moins de donner au courant une vitesse qui dépasserait les limites normales.

Connaissant d'avance le volume V d'air à débiter, et la vitesse v d'écoulement de l'air, le volume devant être égal à la section πD^2 multipliée par la vitesse v on aura la relation

$$V = \pi D^2 \times v \text{ d'où } \pi D^2 = \frac{V}{v}$$

qui permet de déterminer le diamètre D quand on connaît le volume V et la vitesse v. En prenant pour cette dernière la valeur moyenne de $0^m,50$, qui est généralement convenable dans la pratique, on aura:

$$\pi D^2 = \frac{V}{0,50}$$

Distribution de l'air chaud. Nous avons déjà indiqué au mot CALORIFÈRE les dispositions qu'il convient d'adopter pour obtenir une bonne distribution de l'air chaud. Nous avons vu les précautions à prendre pour les bifurcations et embranchements des tuyaux destinés à conduire l'air dans des directions, et à des hauteurs diverses.

Nous avons dit l'importance qu'il y a pour l'hygiène à éviter les coups de feu qui rougissent la

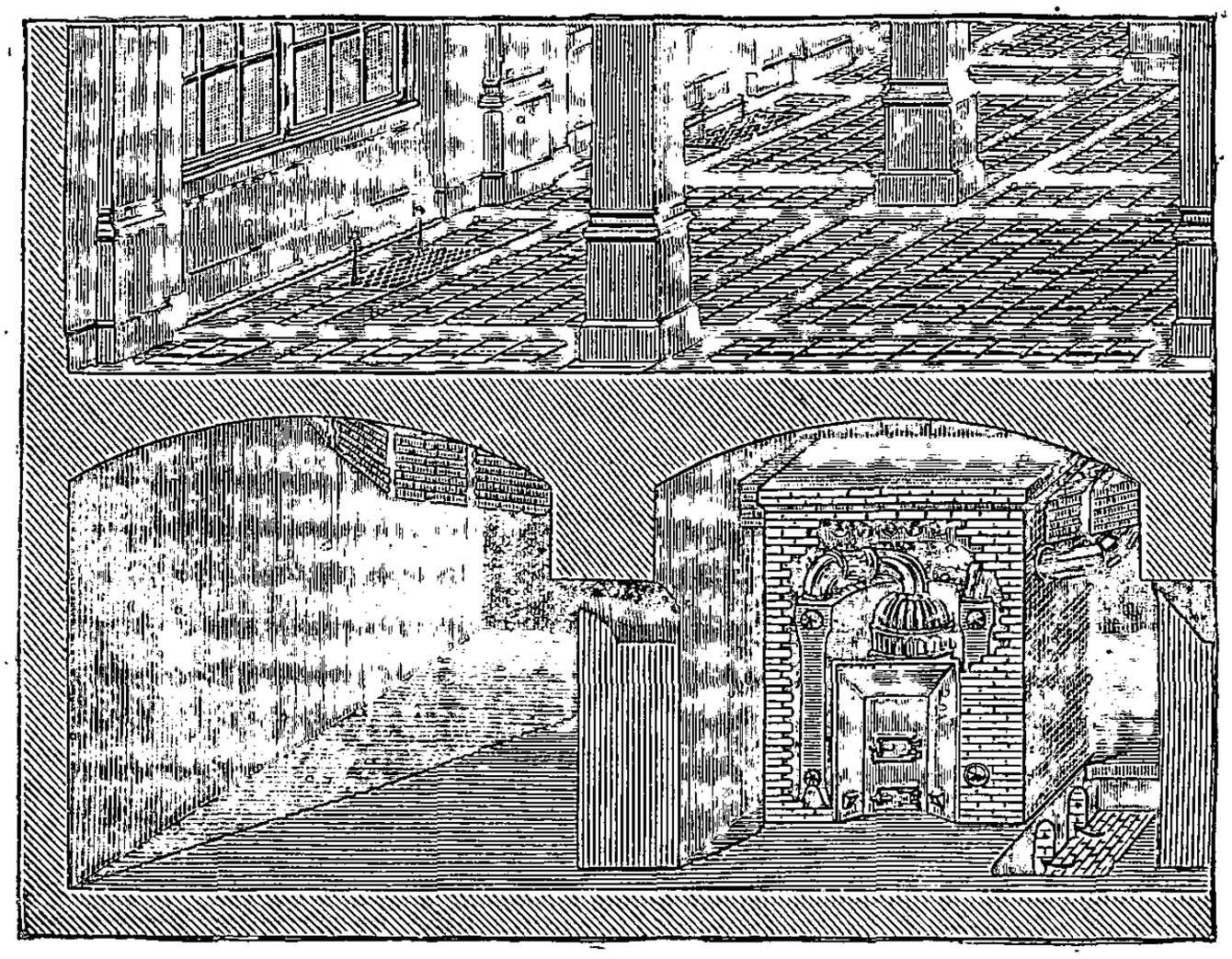


Fig. 23. — *Calorifère installé dans un sous-sol.*

fonte et produisent une odeur désagréable par la combustion des poussières atmosphériques; cette même cause peut aussi donner naissance à une certaine quantité d'oxyde de carbone, par la même action chimique que nous avons précédemment signalée en parlant des poêles. Enfin, nous avons vu qu'il convient d'entretenir l'humidité de l'air, en plaçant sur son passage un récipient contenant de l'eau qui se réduit en vapeur et qui maintient l'état hygrométrique de l'air à un degré convenable pour l'hygiène.

Nous ne reviendrons pas ici sur les diverses conditions d'installation des calorifères à air chaud. Nous allons passer sommairement en revue quelques-unes de leurs principales applications.

CHAUFFAGE DES HABITATIONS. Le calorifère de cave est, dans ce cas, l'appareil généralement employé. Il en existe de nombreux types, qui ne diffèrent souvent entre eux que par des détails insignifiants. Les constructeurs veulent avoir chacun leur système particulier; mais quand on compare ces divers systèmes, on est frappé de l'analogie qui existe entre beaucoup d'entre eux, analogie qu'on cherche parfois à dissimuler par des complications plus nuisibles qu'utiles au bon fonctionnement de l'appareil.

CHAUFFAGE DES ÉDIFICES. Quand on dispose d'un sous-sol pouvant être facilement mis en communication avec le vaisseau à chauffer, on peut adopter une disposition analogue à celle que représente la figure 23, qui est une vue d'ensemble d'un calorifère de cave. L'appareil de chauffage

proprement dit est enfermé, en cave, dans une chambre en briques qui forme enveloppe et par le bas de laquelle entre l'air à chauffer. Cet air perd de sa densité en s'échauffant, s'élève naturellement, et au moyen de conduits partant du haut de la chambre de chaleur, se répartit dans les locaux à desservir. Les orifices d'émission dans ces locaux doivent être placés de préférence près des parois refroidissantes ainsi que le pratiquent MM. Geneste et Herscher. L'installation ainsi faite est à la fois plus efficace et plus économique.

Dans certains cas, pour des églises, par exemple, où il serait impossible d'établir des calorifères en contre-bas du sol, ou pour toute autre cause, on peut recourir à la disposition spéciale représentée figure 24. Ainsi qu'on le voit, l'appareil est alors placé au niveau du sol, et renfermé dans une petite construction annexe. La chambre de chaleur communique par des ouvertures de grande section A et B avec l'intérieur de l'édifice. L'ouverture A est la prise d'air située au niveau du sol; l'ouverture B sert pour l'émis-

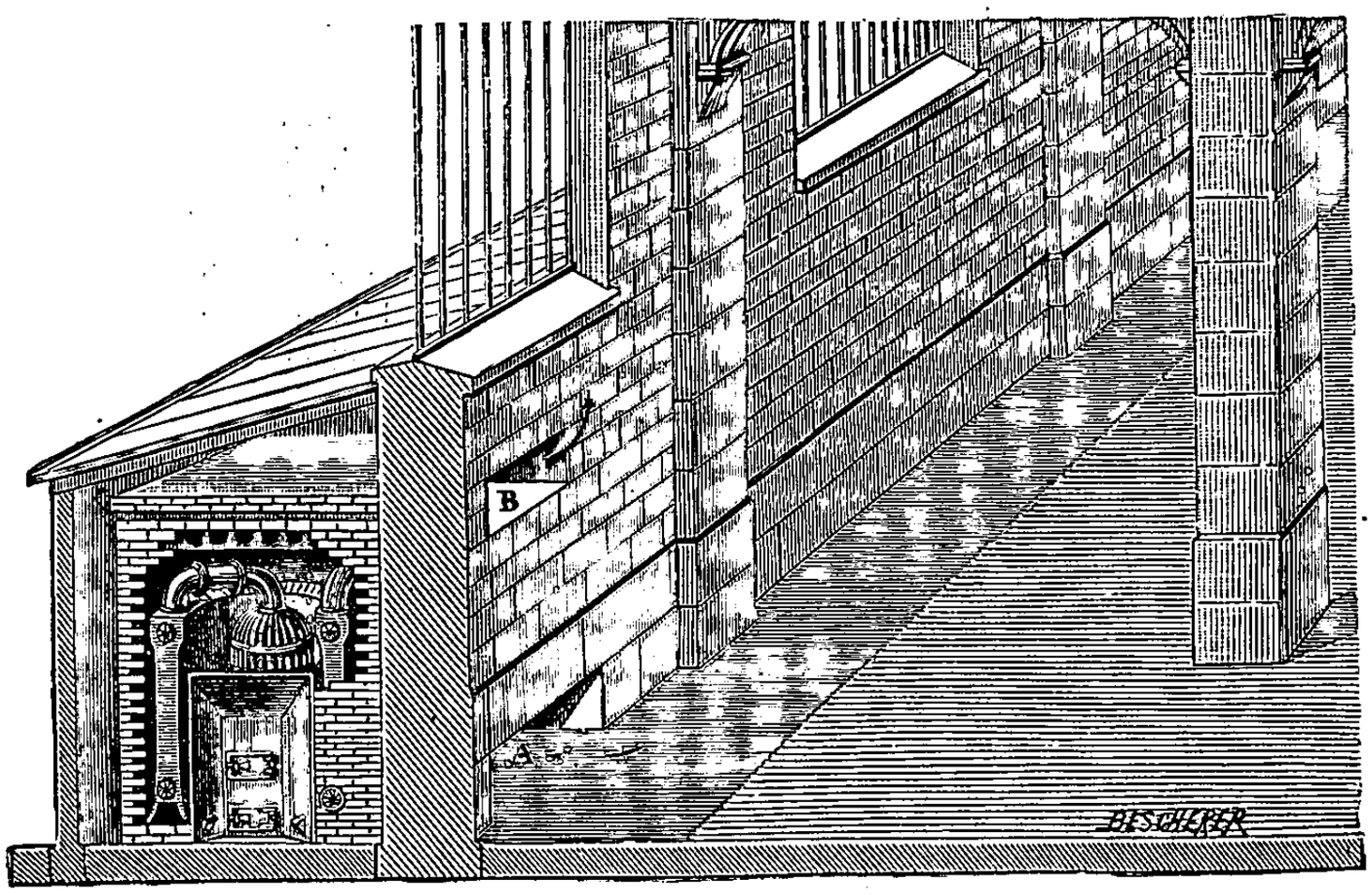


Fig. 24. — *Calorifère disposé dans un appentis.*

sion de l'air chauffé. Dans ce système, il est important que les orifices A et B soient de très grande section, de manière à faire passer un grand volume d'air dans la chambre du calorifère.

Chauffage et ventilation des écoles. Nous ne pouvons mieux faire, en traitant cette question, que de nous reporter à l'instruction qui a été rédigée récemment par la commission de chauffage et de ventilation instituée près de la direction des travaux de Paris. Voici en quels termes s'exprime cette commission :

« Bien que le chauffage et la ventilation d'une école constituent un problème qui comporte des données variables suivant les conditions générales de construction des bâtiments, il faut cependant se renfermer dans des formules générales auxquelles il convient de se conformer pour obtenir un chauffage et une ventilation rationnels et économiques.

« Chauffer un local, c'est le maintenir constamment à une température déterminée, supérieure à celle du dehors; c'est, par conséquent, lui fournir à chaque instant une quantité de chaleur égale à celle qu'il perd pendant le même temps. Le ventiler, c'est extraire, à chaque instant, l'air vicié par ses habitants et le remplacer par la quantité d'air pur nécessaire à l'hygiène.

« Parmi les procédés divers employés pour atteindre ces résultats, il convient de donner la préférence au chauffage dit *à air chaud*, c'est-à-dire par circulation d'air au contact de l'enveloppe du foyer et du tuyau de fumée, parce qu'il est à la fois plus économique et plus simple d'établissement que le chauffage à eau chaude ou à vapeur, et qu'il se prête mieux aux conditions d'un chauffage intermittent.

« Le chauffage par l'air chaud peut s'obtenir, soit par un calorifère général chauffant un ensemble de classes, soit par autant d'appareils indépendants qu'il y a de classes à chauffer.

« La Commission incline à penser que ce dernier mode devra être plus généralement employé, parce que avec l'appareil de combustion placé dans la classe même à chauffer, on évite les pertes assez notables de chaleur qui ont lieu dans le parcours de la canalisation d'arrivée, et aussi parce que les dépenses d'installation sont beaucoup moins élevées.

« Quel que soit le système, les conditions les plus importantes auxquelles les appareils doivent satisfaire sont les suivantes :

« Régularité de chauffage, c'est-à-dire uniformité de température dans toutes les parties habitées de la classe et aux diverses heures de l'occupation ; régularité de ventilation, c'est-à-dire passage d'air en quantité égale autour de chaque élève.

« Pour satisfaire à la première condition, quand l'appareil est placé dans la classe même, on comprend que le rayonnement de la surface doit être très modéré, afin que son action ne se fasse pas sentir trop vivement sur les places voisines au préjudice des places les plus éloignées, par conséquent, il faut que l'appareil soit muni d'une enveloppe peu conductrice.

« L'appareil doit donc se composer d'un foyer et d'une surface de chauffe placée au-dessus, le tout enfermé dans

une enveloppe peu conductrice, ouverte à la partie haute pour laisser échapper l'air chaud qu'elle contient.

« Il sera muni d'une ou de deux prises d'air extérieur, percées sur les faces opposées du bâtiment, et pratiquées en général directement dans l'épaisseur des planchers.

« Pour enlever régulièrement l'air vicié par chaque élève, il faudra établir des bouches de départ en aussi grand nombre que possible, communiquant avec une canalisation réservée dans l'épaisseur même du plancher, et aboutissant à une cheminée d'appel.

« Pour que cette dernière fonctionne régulièrement, il faut chauffer l'air qu'elle contient afin de lui donner une vitesse d'ascension qui soit, autant que possible, à l'abri des influences du vent, et le moyen le plus simple pour cela, consiste à placer au milieu de cette cheminée (au point le plus bas, afin d'augmenter le tirage) le tuyau de fumée de l'appareil de chauffage. »

La disposition la plus fréquemment employée pour répondre à ce programme consiste à installer

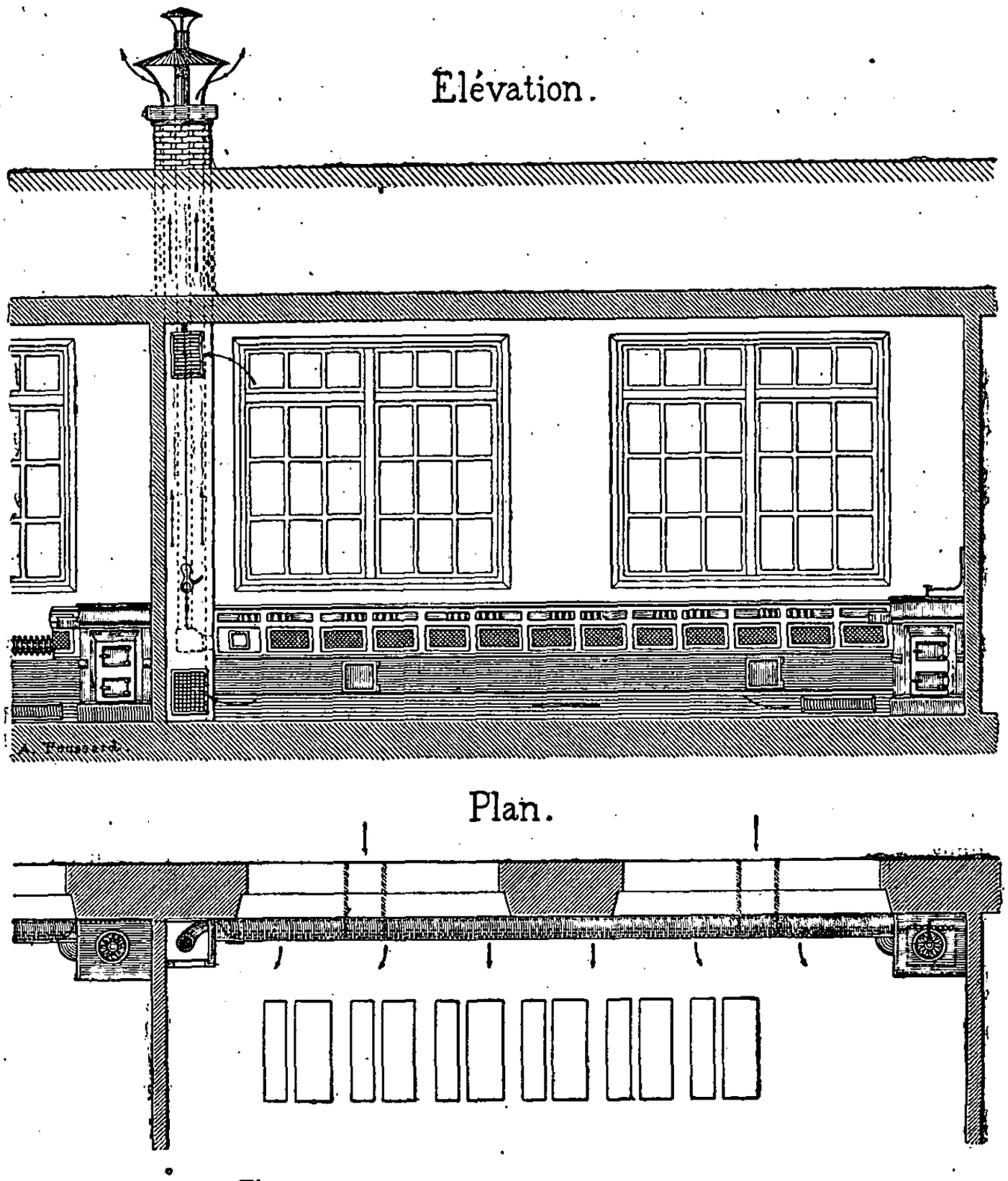


Fig. 25 et 26. — *Chauffage d'une salle d'école.*

à l'extrémité de chaque classe un poêle à enveloppe et prise d'air extérieur, dont le tuyau de fumée traverse toute la longueur de la salle auprès du plafond et va sortir à l'extrémité opposée en occupant l'axe d'une gaine d'évacuation d'air vicié partant du sol.

Cette disposition très simple donne des résultats satisfaisants, mais ne doit pas dispenser de l'ouverture fréquente des fenêtres à laquelle on doit toujours avoir recours. Il convient également d'établir l'appareil de chauffage auprès de la paroi la plus refroidissante.

A la suite du rigoureux hiver de l'année 1879-1880, les dispositions ordinaires n'ayant pas été satisfaisantes dans certains cas, la ville de Paris a employé avec succès le système Geneste et Herscher, que représentent les figures 25 et 26. Dans ce système, le poêle n'est plus que l'accessoire. Ce n'est à proprement parler qu'un foyer à parois céramiques, épaisses et rayonnant très peu. Un tuyau de fumée partant dudit foyer et se développant horizontalement au-dessous des fenêtres de la paroi la plus froide, constitue le véritable appareil de chauffage. Ce tuyau se redresse à son extrémité et s'engage dans la gaine d'évacuation d'air vicié où il fait appel à la manière ordinaire. Dans son parcours horizontal, le tuyau de chauffage est recouvert d'un coffrage en tôle corres-

pondant avec l'extérieur par des prises d'air, et avec l'intérieur par des grilles d'émission offrant une grande section.

CHAUFFAGE DES GRANDS MONUMENTS, DES HÔPITAUX, DES PRISONS, etc. Nous avons donné, au mot CALORIFÈRE, la description du mode de chauffage installé au Palais du Sénat. Nous ne reviendrons pas sur ce sujet en ce qui concerne l'emploi de l'air chaud pour les monuments publics. Nous aurons bientôt occasion de traiter cette question au point de vue des applications du chauffage par l'eau chaude et par la vapeur qui s'adapte mieux à ces grandes installations.

Hôpitaux. Pour les hôpitaux, il faut un mode de chauffage qui amène la chaleur dans les salles occupées par les malades, au moyen d'appareils en nombre suffisant pour répartir uniformément la température dans toute l'étendue de la salle; il convient aussi que les appareils soient à la portée des convalescents qui peuvent venir s'asseoir et se chauffer à l'entour. Dans ce cas, les poêles sont employés avec avantage; ils peuvent même être disposés pour tenir chaudes les tisanes ou boissons destinées aux malades.

Les diverses salles que les convalescents ont à traverser, indépendamment de celles où se trouvent les lits, doivent être également chauffées à une température modérée; de même pour les corridors, pour les escaliers, afin que les malades et les gens de service ne soient pas exposés à des variations trop sensibles de température en circulant dans les diverses parties de l'établissement.

On se sert souvent de calorifères à air chaud pour ce dernier usage, mais il est préférable de recourir pour le chauffage des hôpitaux à l'emploi de l'eau chaude ou de la vapeur, sans pour cela exclure des salles de malades les poêles à feu apparent autour desquels les convalescents viennent se grouper.

Prisons. Le chauffage des prisons, et surtout des prisons cellulaires, par l'air chaud est une application complexe, parce qu'il faut remplir des conditions généralement plus difficiles à réaliser que dans une construction ordinaire. Il faut que les appareils soient hors de la portée des détenus, que les conduites de circulation n'aboutissent pas dans l'intérieur des cellules, qu'elles soient fractionnées de manière à ne pas chauffer inutilement les salles ou les cellules qui ne sont pas occupées. Nous verrons plus loin que le chauffage à vapeur et à eau chaude a permis de résoudre cette question beaucoup mieux qu'on n'eût pu le faire avec l'emploi de l'air chaud.

Théâtres et salles d'assemblées. Dans toute installation bien comprise, le chauffage d'une salle de spectacle ou d'une salle analogue, doit toujours être combiné avec les procédés de ventilation; c'est donc à l'article VENTILATION que cette question sera traitée plus complètement. Cependant, sans entrer dans d'autres détails sur les conditions du problème à résoudre, nous pouvons dire que le chauffage d'une salle de spectacle constitue un cas tout spécial. Une salle est toujours édifiée sur des sous-sols plus ou moins importants, recouverte de combles élevés dans lesquels se trouvent souvent des planchers intermédiaires, et enfin entourée circulairement de couloirs presque toujours formés par des murs intérieurs et par conséquent sans croisées. On peut donc conclure de là que toute salle de spectacle est à l'abri des déperditions, à la condition que les locaux de service qui l'entourent soient eux-mêmes chauffés comme il convient à leur destination. Cela revient à dire que dans le chauffage d'une salle de spectacle il n'y aura pas à s'occuper de compenser la déperdition, il y aura seulement à amener l'air de ventilation à la température la plus convenable pour la respiration.

C'est le mode de distribution de cet air et le volume à fournir qui est le côté délicat du problème; en traitant de la ventilation, nous entrerons dans le détail de ces questions. Quoiqu'il en soit d'ailleurs, tant pour chauffer de la scène, les foyers, les couloirs, que pour amener la température de l'air de ventilation de la salle au degré convenable, il y a toujours lieu de compter sur des appareils de chauffage non seulement d'une certaine importance, mais aussi d'une grande souplesse pour ceux des locaux desservis qui ne sont occupés que temporairement et doivent être en peu d'heures amenés à la température convenable.

Ainsi pour ces locaux, un chauffage à eau chaude ne serait pas admissible, mais on peut indifféremment faire usage de calorifères à air chaud ou à vapeur. Les appareils spécialement destinés à la salle doivent se placer directement au-dessous et assez bas pour permettre, entre eux et le plancher de l'orchestre, l'établissement d'une ou deux salles de mélange dans lesquelles l'air est amené à la température convenable avant d'être introduit dans la salle.

Cet air doit être amené avec une très faible vitesse et à une température un peu inférieure à celle de la salle, conditions essentielles pour que son émission ne fasse éprouver aucune gêne aux spectateurs. — C'est pour atteindre ce but qu'on multiplie autant que possible les grilles d'émission et qu'en fin de compte on arrive à en établir une sous chaque siège. Cette mesure est particulièrement importante pour l'orchestre et le parterre, de manière à permettre à l'air de ventilation de traverser la salle dans toute sa hauteur avant d'être entraîné dans l'appel général produit par la cheminée du lustre.

Le chauffage des couloirs, des foyers, de la scène et des bâtiments d'administration ne présente aucune particularité; il se fait comme cela a été indiqué d'une façon générale au paragraphe *chauffage des édifices*; nous n'avons donc pas à nous y arrêter davantage.

Les amphithéâtres et salles de réunion doivent être autant que possible traités comme les salles de spectacles. Si ces locaux ne comportent pas toujours un ou plusieurs étages de galeries, leurs sièges sont néanmoins établis sur gradins, ce qui peut ordinairement permettre de disposer l'introduction du chauffage sous chaque place comme dans un théâtre.

Il y a lieu en outre d'installer à la base des fenêtres des surfaces de chauffe apparentes, les-

quelles, même correspondant à des prises d'air extérieur ne pourraient d'ailleurs équivaloir à l'introduction d'air sous les sièges quand on peut la pratiquer. Malgré les surfaces de chauffe directes, le problème se présente donc toujours ici comme pour une salle de spectacle, c'est-à-dire que la question de ventilation prime celle du chauffage.

Chauffage par l'eau chaude. L'eau absorbant par kilogramme 100 calories pour être portée de 0° à 100° au lieu de 24 calories qu'un même poids d'air est susceptible de contenir pour le même écart, on voit quel puissant réservoir de chaleur fournit l'eau chaude sous un petit volume ; et si, comme nous allons le voir, la distribution et l'utilisation de cette chaleur sont facilement réalisables, on comprendra combien le *chauffage par circulation d'eau chaude* est susceptible d'être appliqué avec avantage, ainsi d'ailleurs que l'expérience l'a démontré depuis longtemps.

Les Romains connaissaient et pratiquaient dans leurs thermes ce moyen de chauffage. De longue date plusieurs localités pourvues de sources thermales ont vu faire l'application des eaux chaudes au chauffage des habitations voisines de ces sources. Mais, sans remonter aussi loin dans l'histoire, la première application rationnelle et pratique d'une circulation d'eau chaude fut faite vers 1777 par l'architecte Bonnemain, au Pecq, près de St-Germain-en-Laye, pour chauffer les appareils inventés par lui en vue de l'incubation artificielle des poulets. Son installation laissait peu à désirer et la solution du problème avait été si bien comprise par l'inventeur que toutes les conditions étaient remplies avec une remarquable perfection.

L'Angleterre dès 1830 avait commencé à donner un développement considérable aux applications de ce système de chauffage et l'usage en était déjà très répandu au delà de la Manche, lorsque Léon Duvoir, en reprenant l'étude de cette intéressante question, a réussi enfin à implanter en France le chauffage par l'eau chaude, qu'il a installé dans un certain nombre d'édifices importants, dont nous parlerons plus loin.

Principe fondamental. Le principe de ce mode de chauffage consiste dans l'emploi d'une chaudière (fig. 27) entièrement remplie d'eau, installée sur un foyer F qui l'échauffe, et munie de deux orifices, l'un supérieur S par lequel l'eau chaude, en vertu de sa légèreté spécifique, s'élève dans le tuyau *t* qui, partant de cet orifice, décrit un circuit d'une longueur déterminée, au bout duquel il vient se raccorder au second orifice R placé au bas de la chaudière ; il ramène par conséquent en ce point l'eau refroidie dans le parcours du circuit. La différence de densité due à la température de départ et de retour constitue la force qui détermine le mouvement de la colonne liquide. La chaudière et la conduite de distribution sont entièrement remplies d'eau, et toute la masse est mise en mouvement continu par l'entraînement moléculaire que produit la différence de densité de la colonne d'eau chaude S*t*, relativement à celle de la colonne d'eau plus froide *t*R qui, étant plus lourde, tend par son propre poids à rentrer dans la chaudière. Tel est le principe de la circulation de l'eau chaude dans le système de chauffage que nous allons étudier maintenant, et le calcul démontre facilement que l'on peut obtenir, avec des tuyaux d'une section convenable, en ne leur donnant pas un développement exagéré, des vitesses de translation assez considérables. Or, comme l'eau chaude emmagasine une grande quantité de calorique et que un mètre cube d'eau peut échauffer, s'il restitue toute sa chaleur, 3,200 mètres cubes d'air, on conçoit quel parti on peut tirer d'un agent si puissant et d'un emploi si facile, pour transporter à distance le calorique dont la masse liquide est à la fois le réservoir et le véhicule.

Ce mode de chauffage se recommande *à priori* par une grande simplicité de construction et de fonctionnement ; la conduite de l'appareil est plus

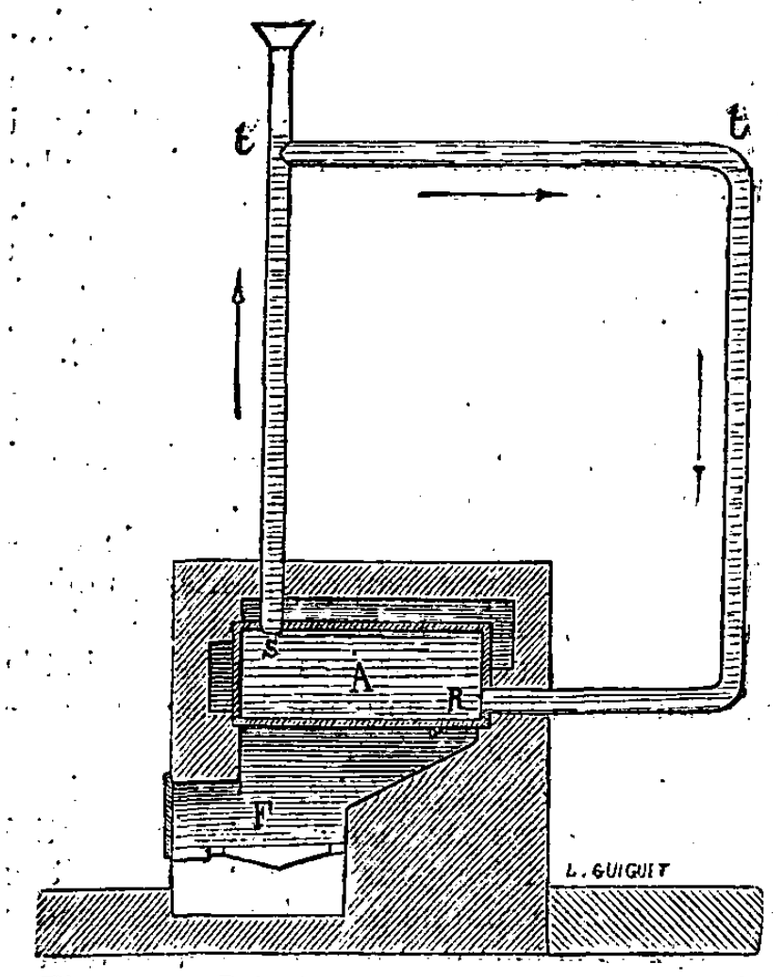


Fig. 27. — *Principe du chauffage à eau chaude.*

sûre et plus à la portée de tout le monde que celle d'un générateur de vapeur. L'alimentation se fait d'elle-même, puisque l'eau remplit continuellement le circuit. La surveillance est presque nulle, sans avoir à craindre que, par négligence ou par oubli, le chauffeur puisse occasionner aucun accident grave.

Le chauffage peut être réglé et modéré comme on veut, avec la plus complète facilité ; la chaleur emmagasinée dans l'eau permet d'obtenir des températures peu différentes d'une partie à l'autre d'un réseau de conduites de distribution ; on régularise le chauffage, on l'augmente, on le diminue à volonté, par la seule alimentation plus ou moins active du foyer. L'abaissement de température, s'il se produit par négligence ou accidentellement, peut ralentir, mais n'arrête pas la circulation de l'eau chaude, à moins de descendre presque au degré de la température ambiante, auquel cas d'ailleurs le système cesserait de fonctionner, sans qu'il en résulte aucun trouble dans l'ensemble des appareils.

Une autre considération encore en faveur de ce mode de chauffage, c'est que les appareils à vapeur se refroidissent rapidement, quand ils ne sont pas pourvus d'une certaine quantité d'eau, et les appareils à air chaud se refroidissent également très vite ; tandis que les appareils à circulation d'eau chaude, contenant une assez grande masse d'eau à une température élevée, ne subissent qu'un refroidissement lent, puisque toute l'étendue de leur circuit forme un véritable réservoir de chaleur, et que la moindre différence de température entre les colonnes de départ et de retour suffit pour déterminer le mouvement de translation de la masse qui transporte le calorique.

La température de l'eau circulant dans les appareils devant rester toujours inférieure à 100°, l'air échauffé par elle n'atteint guère plus de 70 à 80°, même dans les parties voisines de la chaudière ; il ne peut par conséquent subir les altérations qu'on reproche aux calorifères à air chaud. Aussi le chauffage par l'eau chaude convient-il dans les cas où l'hygiène réclame un air sain et pur, comme dans les hôpitaux. Il se prête également bien encore au chauffage des prisons cellulaires, où la multiplication des poêles aux divers étages, avec un long parcours de conduites de distribution, nécessite des précautions d'autant plus sérieusement étudiées, pour assurer une répartition aussi uniforme que possible de la chaleur.

Malheureusement, la grande quantité de calorique emmagasinée par l'eau rend lentes les mises en train chaque matin, et lents aussi les abaissements du chauffage nécessaires l'après-midi et le soir surtout, ce qui fait souvent donner la préférence au chauffage à vapeur.

Quantité de chaleur à produire. Dans l'établissement d'un chauffage par l'eau chaude, la quantité de chaleur à produire pour obtenir les résultats voulus, se calcule comme pour les autres modes de chauffage, en tenant compte du volume d'air à évacuer des salles chauffées, du volume à introduire, de la température intérieure et extérieure.

Surface de chauffe. On la détermine en se basant sur les résultats pratiques qui ont établi que chaque mètre carré de surface, dans un ensemble de circulation d'eau chaude, transmet à l'air ambiant environ 400 calories quand l'eau est à 60°, et environ 650 calories quand sa température s'élève entre 80° et 90°. Au départ de la chaudière la température est généralement très voisine de 90°, mais cette température décroît à mesure que le parcours s'allonge, et, dans la pratique, il est bon d'admettre, comme base des évaluations à faire, une température moyenne de 60° à 70°, et une transmission moyenne de 400 à 500 calories par mètre carré de surface de chauffe.

Quantité d'eau nécessaire. Pour calculer la quantité d'eau nécessaire en vue du chauffage à produire, désignons par T la température de l'eau à la sortie des appareils et par t sa température à son retour ; la différence sera $T-t$. Or, comme chaque kilogramme d'eau absorbe ou restitue une calorie pour chaque degré de température, un mètre cube d'eau, passant de la température T à t abandonnera à l'air ambiant $1{,}000\ (T-t)$ calories, et, en déterminant d'autre part le nombre Q de calories à fournir par heure, la quantité N de mètres cubes d'eau nécessaires sera représentée par

$$N=\frac{Q}{1000(T-t)}$$

On admet généralement que la valeur moyenne de T égale 90° et celle de t égale 30° ; la relation ci-dessus devient alors

$$N=\frac{Q}{60{,}000}$$

Diamètre des conduites. Le calcul de ce diamètre s'effectuera par les règles adoptées pour déterminer les dimensions des tuyaux dans les distributions d'eau. On établira d'abord la vitesse de circulation, en raison de la charge résultant de la différence de densité des deux colonnes, et en appliquant la formule de Prony pour le mouvement de l'eau dans les tuyaux, on pourra calculer le diamètre convenable, eu égard à la vitesse donnée de translation et à la perte de charge correspondante au frottement dans la longueur totale de la conduite. — V. DISTRIBUTION D'EAU.

CIRCULATION A BASSE PRESSION. Les appareils de chauffage par l'eau chaude peuvent se diviser en deux catégories ; les uns fonctionnent *à basse pression*, c'est-à-dire sous la pression atmosphérique, et leurs conduites ont à leur extrémité supérieure une ouverture à air libre, par laquelle tout excès de pression ferait sortir l'eau en cas d'obstruction dans le parcours ; les autres fonctionnent *à haute pression*, leurs conduites, hermétiquement fermées, peuvent avoir des hauteurs quelconques et doivent pouvoir résister à des pressions considérables.

Etudions d'abord les appareils à basse pression.

Dans ce système, la chaudière ou générateur de chaleur fonctionne généralement à feu couvert, le chauffage est modéré, il faut par conséquent adopter des formes qui permettent la meilleure utilisation possible du calorique, tout en conservant une assez grande simplicité de construction, avec facilité de nettoyage et d'entretien. Les dispositions trop compliquées que certains constructeurs ont adoptées, ont plus d'inconvénients que de qualités réelles.

La chaudière de Duvoir-Leblanc est une des plus simples et des plus pratiques. Elle se compose d'une sorte de cylindre à double enveloppe, en tôle, formant une chambre intérieure où se trouve le foyer ; le combustible placé sur la grille chauffe directement la paroi intérieure du cylindre et l'eau renfermée entre les deux parois concentriques absorbe immédiatement le calorique dégagé par la combustion ; la fumée se dégage avec l'air chaud par l'orifice de la partie supérieure du cylindre, qui est rétrécie afin de mieux utiliser la chaleur. La fumée et l'air chaud circulent ensuite de haut en bas à l'entour de la chaudière dans la chambre en maçonnerie qui en forme l'enveloppe ; le conduit inférieur communique avec la cheminée. L'eau chaude s'élève par le tuyau vertical et après avoir circulé dans la conduite de

distribution, revient à la chaudière par le tuyau de retour.

Une autre disposition de chaudière, un peu moins simple, mais très souvent employée aussi, est la forme dite *en tombeau,* consistant en une sorte de voûte métallique à double enveloppe concentrique, recouvrant le foyer, et recevant par conséquent aussi l'action directe du feu. On établit ces chaudières avec ou sans retour de flamme ; cette dernière disposition est la meilleure au point de vue du chauffage.

Nous donnons ici (fig. 28), la disposition de l'un des plus anciens et des meilleurs spécimens de ce genre de chaudières. Le foyer est placé sous la voûte formée par la partie inférieure de l'appareil. L'enveloppe en briques qui constitue le fourneau, est disposée de façon que la fumée et les gaz provenant de la combustion reviennent par le canal cylindrique formé par la portion supérieure de la chaudière, et retournant encore de chaque côté de l'appareil pour en échauffer les parois extérieures. Cette disposition, qui utilise bien le calorique, a permis

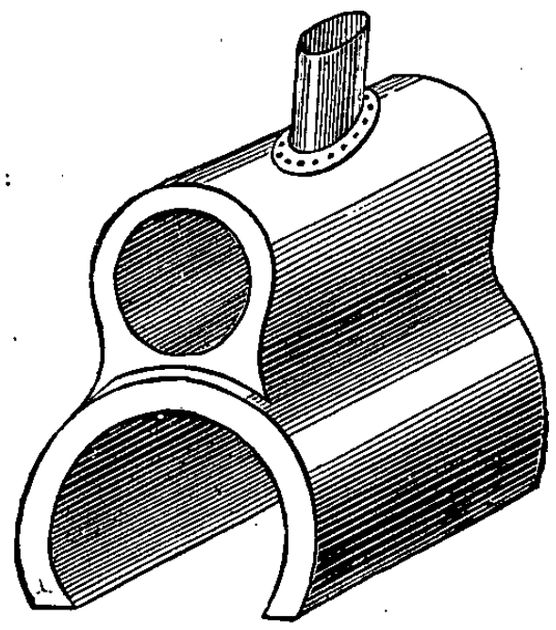


Fig. 28. — *Chaudière en tombeau (Type Mathian).*

d'obtenir 3,800 à 4,000 calories utilisables par kilogramme de houille brûlée. Ces résultats ont été notablement dépassés par le nouveau type dont les dispositions sont représentées par les figures 29 et 30 et au moyen desquelles on obtient un effet utile de 5,000 à 5,200 calories par kilogramme de houille. C'est un excellent résultat comme chauffage, mais il est atteint au prix d'une certaine complication de formes qui doit en rendre la construction assez coûteuse. La chaudière est un cylindre à double enveloppe, dans l'intérieur duquel se trouvent des lames ou caisses rectangulaires saillantes, entre lesquelles la flamme circule ; ces lames présentent par conséquent une grande surface de chauffe au contact des produits gazeux de la combustion, qui sont en outre forcés de venir lécher une saillie annulaire de l'enveloppe, constituant à la partie supérieure un rétrécissement et une chambre de chaleur où les gaz abandonnent encore, avant de se répandre autour de la chaudière, une notable partie de leur calorique.

Tuyaux de conduite. Les tuyaux employés pour les chauffages par circulation d'eau chaude sont généralement en fer étiré pour les petits diamètres, en cuivre ou en fonte pour les plus gros. Comme pour les conduites de vapeur, il faut tenir compte

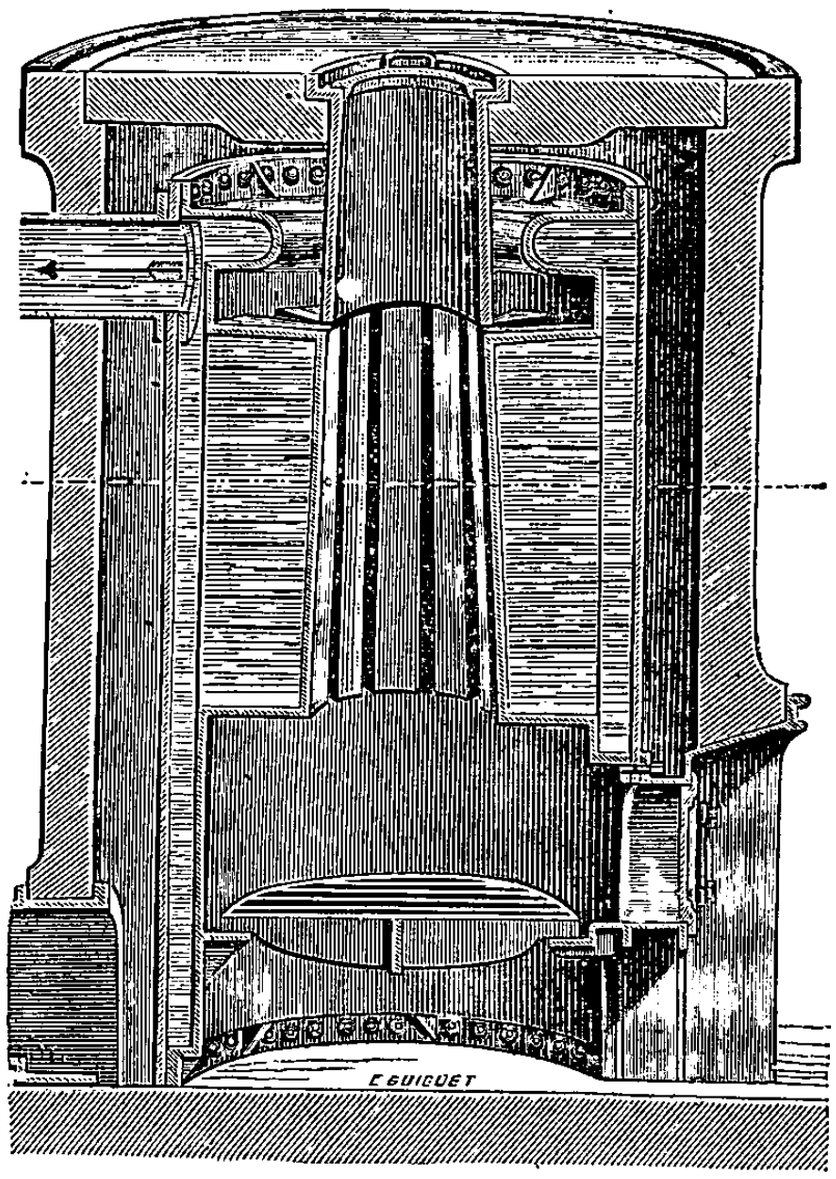


Fig. 29. — *Coupe d'une chaudière pour chauffage à eau chaude (système Mathian 1880).*

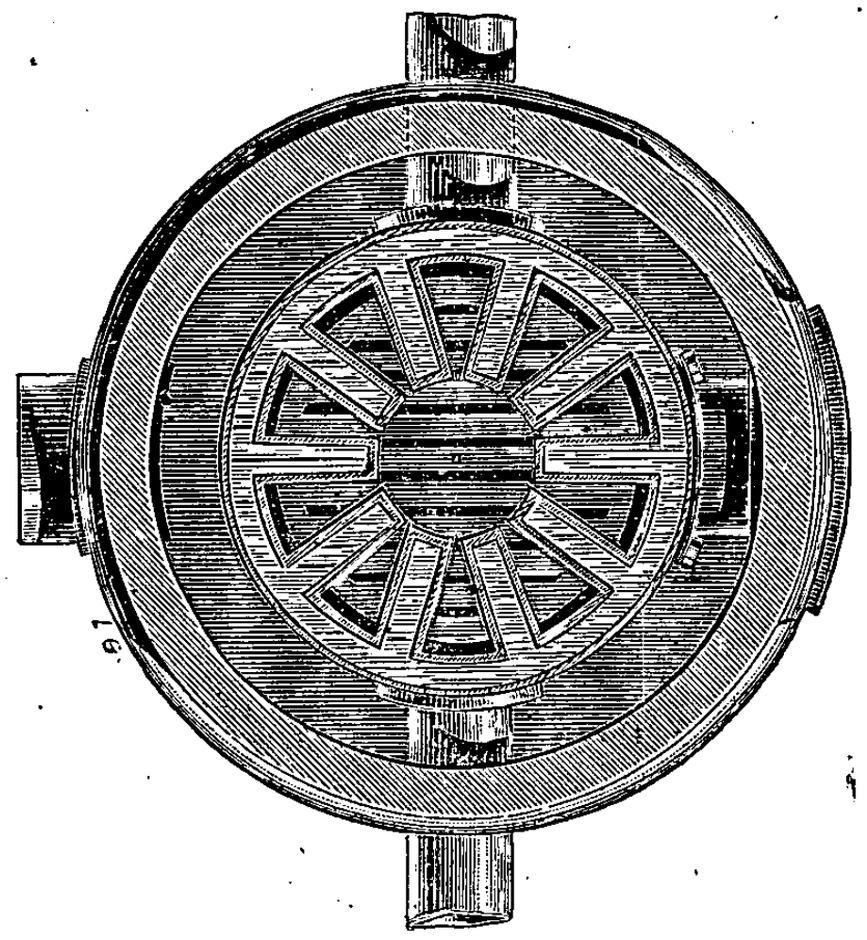


Fig. 30. — *Plan de la chaudière.*

des effets de dilatation, et assurer par toutes les précautions possibles, l'étanchéité complète des joints. Les matières employées pour ces joints sont les mêmes que pour la vapeur ; on peut tou-

tefois y ajouter l'emploi du caoutchouc en rondelles ou en bagues, qui ne craignent aucune altération puisque la température ne s'élève guère au delà de 60° à 70°.

Il faut ménager des issues pour l'air, aux points élevés des conduites, quand on ne peut éviter ces points hauts où l'air, dégagé de l'eau par la chaleur, vient s'accumuler ; l'emploi de souffleurs, comme pour la vapeur, permet de s'en débarrasser, quand il ne peut pas arriver directement au vase d'expansion.

Vases d'expansion. Le point le plus élevé d'une distribution d'eau chaude doit être muni d'un appareil nommé *vase d'expansion*, sorte de récipient en fonte, en tôle ou en cuivre, où aboutissent les tuyaux ascendants et d'où partent les tuyaux descendants. Ce vase est destiné à contenir l'excédent de volume dû à la dilatation de l'eau ; il constitue ainsi un réservoir, généralement ouvert à l'air libre, où le niveau de l'eau s'élève en raison de la dilatation qui se produit dans les conduites. Cette dilatation est évaluée à un vingtième du volume total de l'eau contenue dans l'ensemble de la distribution ; il faut donc se rendre compte de ce volume, et donner au vase d'expansion une capacité en rapport avec la quantité dont la dilatation peut élever le niveau de l'eau dans ce vase. On recouvre le vase d'expansion avec un couvercle, qu'on laisse parfois mobile, dans les thermosyphons employés, par exemple, au chauffage des serres ; mais plus souvent le couvercle est rendu fixe, et dans ce cas on a soin d'y ménager une ouverture pour l'écoulement de l'air ou de la vapeur. Cet orifice, auquel on adapte généralement un tuyau de 40 à 50 millimètres, doit être disposé d'une façon qui permette d'ajouter de temps en temps de l'eau dans l'appareil, pour compenser la perte due à l'évaporation.

Le tuyau ascensionnel et les tuyaux descendants se fixent au fond du vase d'expansion ; ces derniers sont généralement munis de robinets ou de soupapes permettant soit de régler, soit même, au besoin, de supprimer la circulation dans l'un ou l'autre de ces tuyaux.

Poêles a eau chaude. Pour transmettre la chaleur dans les salles à chauffer, on peut disposer dans l'épaisseur des planchers ou des murs des tuyaux en fonte, d'un diamètre plus gros que ceux qui servent à la distribution, afin que la vitesse de circulation y soit moindre et que l'eau abandonne plus facilement son calorique. Ces tuyaux sont alors placés dans des canivaux recouverts de plaques de fonte à jour, et ainsi disposés, ils s'appliquent parfaitement dans le sol des églises, des grandes salles publiques. On emploie aussi des *poêles à eau chaude*, dans les locaux où l'on a besoin de concentrer sur un point déterminé une certaine quantité de chaleur, comme, par exemple, dans les salles d'hôpitaux, dans les bureaux des grandes administrations, dans les prisons cellulaires. Ces poêles sont des récipients de formes diverses, les uns n'échauffant l'air que par leur paroi extérieure, les autres ayant une circulation d'air intérieure, comme le montrent les deux types figures 31 et 32.

Dans le premier, dont la forme est cylindrique, l'eau chaude arrive par le tuyau supérieur, échauffe la masse d'eau contenue dans l'enveloppe, et sort par le tuyau inférieur qui la conduit à un autre poêle semblable, soit au même étage, soit à un étage inférieur, et ainsi de suite jusqu'au dernier poêle ainsi alimenté par le tuyau de retour qui ramène l'eau à la chaudière. L'air s'échauffe uniquement au contact de la paroi extérieure du poêle.

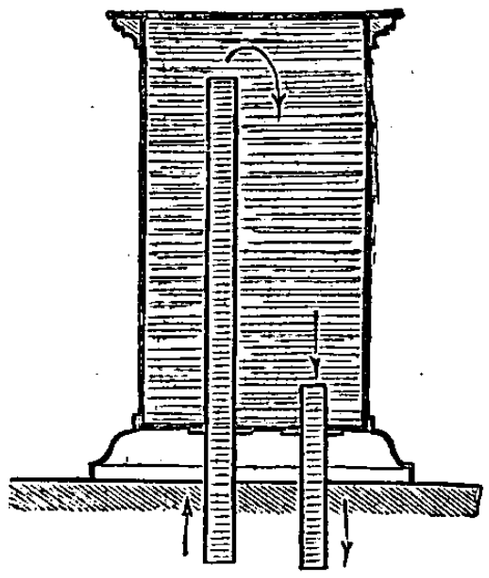


Fig. 31. — *Poêle à eau chaude.*

Dans le type suivant, l'eau chaude circule de la même façon par le tuyau d'entrée, et celui de sortie, mais, en outre, le poêle a un tuyau central, par lequel l'air extérieur se trouve en contact avec l'eau chaude, en s'introduisant au bas de l'appareil, et venant sortir à la partie supérieure, comme l'indiquent les flèches qui accompagnent la figure.

Calorifères a eau chaude. Au lieu d'utiliser la chaleur directement dans les salles, au moyen des

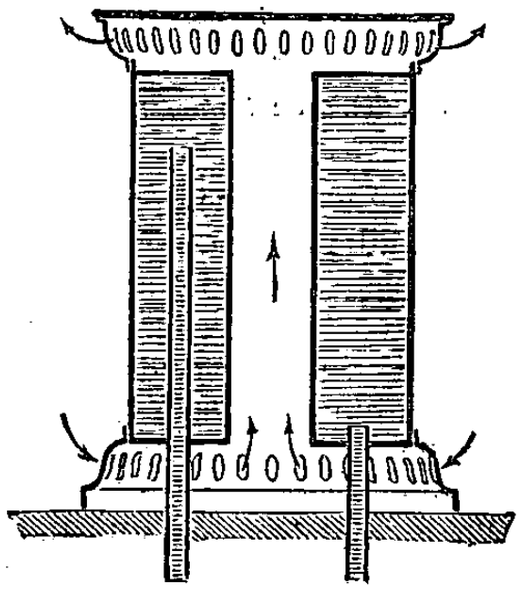


Fig. 32. — *Poêle à eau chaude avec circulation d'air intérieure.*

poêles dont nous venons de parler, on peut aussi échauffer à une certaine distance du local où doit agir la chaleur la quantité d'air qu'on se propose de distribuer dans ce local, comme on le fait pour les calorifères à air chaud. L'air ainsi chauffé est amené ensuite par des conduits jusqu'aux salles à chauffer. Les appareils employés dans ce cas s'appellent, par analogie, *calorifères à eau chaude*. L'une des dispositions les plus simples consiste en un serpentin renfermé dans une enveloppe cy-

lindrique en métal ou en maçonnerie, dans laquelle l'air, introduit par la partie inférieure, circule de bas en haut autour du serpentin, tandis que l'eau chaude arrive par le haut de l'appareil et circule dans le tube en sens inverse de la marche de l'air.

Généralement la circulation d'eau chaude se place à côté de la chaudière et l'analogie devient ainsi tout à fait complète avec les calorifères à air chaud ; la chaudière remplace la cloche, et les tubes de circulation d'eau renfermés dans une chambre de chauffe remplacent les tuyaux de circulation de fumée. La seule différence consiste dans la forme d'abord, et dans l'agent de transmission de chaleur, l'eau étant ainsi substituée à la fumée et aux gaz résultant de la combustion. On y trouve l'avantage important d'une température plus régulière, moins élevée, n'offrant jamais les inconvénients de l'air surchauffé et des odeurs que dégagent souvent les calorifères ordinaires à

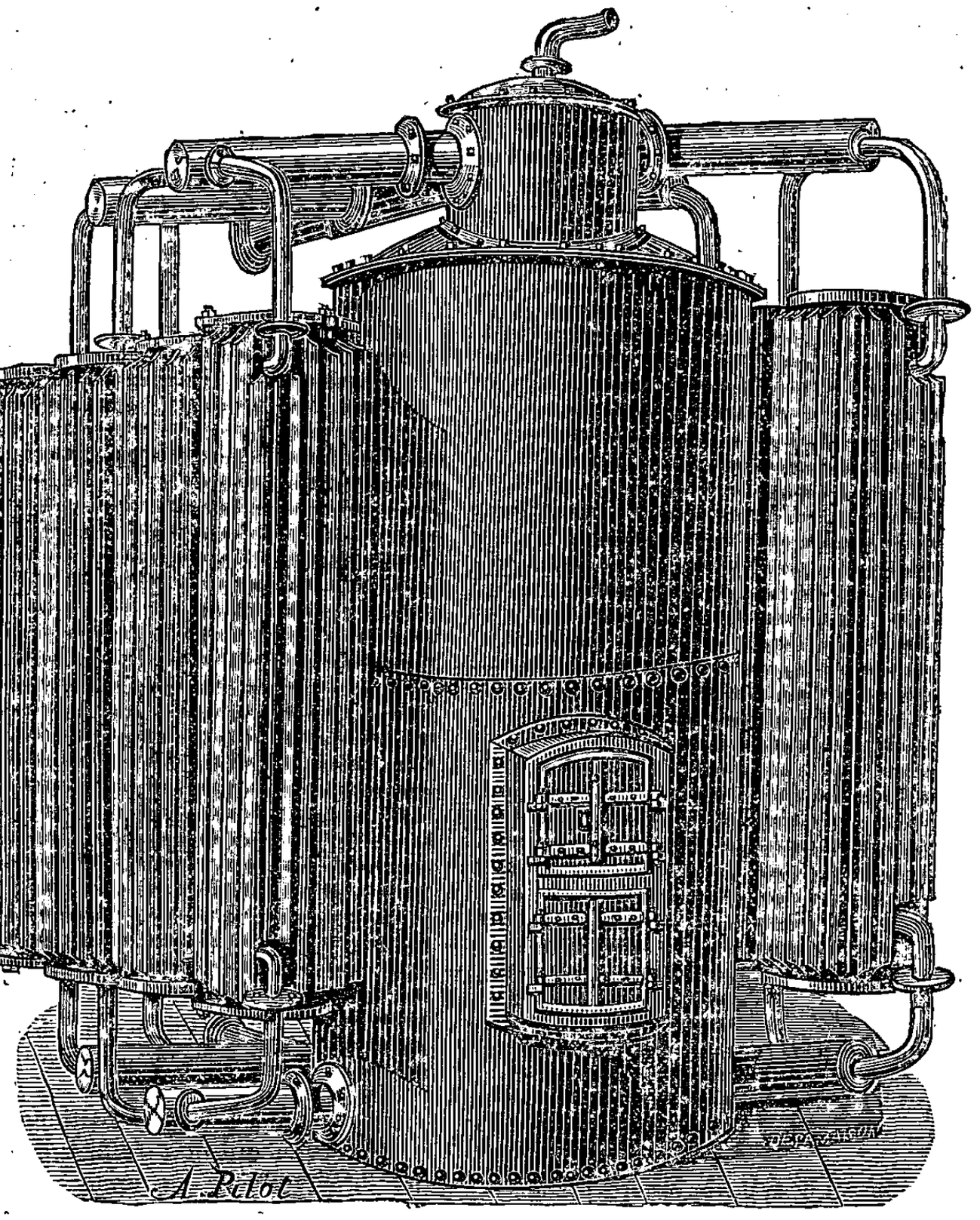


Fig. 33. — *Calorifère à eau chaude (hydro-calorifère de cave) de d'Hamelincourt.*

air chaud. Les calorifères à eau chaude se recommandent par conséquent dans les cas où l'on veut obtenir un chauffage régulier, et surtout hygiénique, avec la condition d'obtenir une température aussi uniforme que possible.

Parmi les divers types de calorifères à eau chaude, nous ne décrirons ici que ceux de Duvoir-Leblanc et de d'Hamelincourt.

Le calorifère Duvoir-Leblanc se compose d'une chaudière en tôle, de la forme dite *en tombeau,* munie d'un tuyau ascensionnel, dont la partie supérieure communique avec un tuyau collecteur horizontal, alimentant une série de tubes également horizontaux, disposés, en plusieurs rangées successives, qui descendent jusqu'à un autre collecteur par lequel l'eau est ramenée à la chaudière. L'appareil de circulation constitue par conséquent un faisceau nombreux de tubes autour desquels et entre lesquels l'air circule et s'échauffe dans la chambre formée par l'enveloppe en maçonnerie qui renferme complètement l'appareil. L'air froid, amené du dehors, arrive à la partie inférieure de la chambre, et après s'être échauffé au contact des tubes horizontaux, il sort par le conduit ménagé à la partie supérieure. Dans ce conduit se trouve le tuyau de cheminée par

lequel se fait l'évacuation de la fumée du foyer après que les produits de la combustion sur la grille ont circulé par un retour de flamme sur les deux faces latérales de la chaudière.

Le calorifère à eau chaude de d'Hamelincourt (fig. 33) se compose d'une chaudière verticale, avec foyer central, du sommet de laquelle partent des tuyaux qui amènent l'eau chaude à des récipients annulaires, formés de deux cylindres concentriques en métal, dans l'intervalle desquels circule l'eau de haut en bas. Chaque cylindre forme ainsi un conduit vertical, au centre duquel l'air circule de bas en haut, et autour duquel l'air s'échauffe également au contact de la paroi extérieure. Les deux parois de cette colonne annulaire sont, intérieurement et extérieurement, garnies de nervures qui augmentent la surface de chauffe. On peut disposer ainsi un certain nombre de colonnes autour de la chaudière, et le tout étant renfermé dans une chambre en maçonnerie, constitue un calorifère puissant qui s'applique avec avantage au chauffage des grands établissements.

Comme exemple de l'application de l'eau chaude au chauffage d'une grande administration, nous pouvons citer l'installation faite par M. Ulysse Chibout, ingénieur de la maison Duvoir-Leblanc, pour le Dépôt de la préfecture de police (fig. 34). Nous en trouvons la description sommaire dans le procès verbal de réception, dressé par une

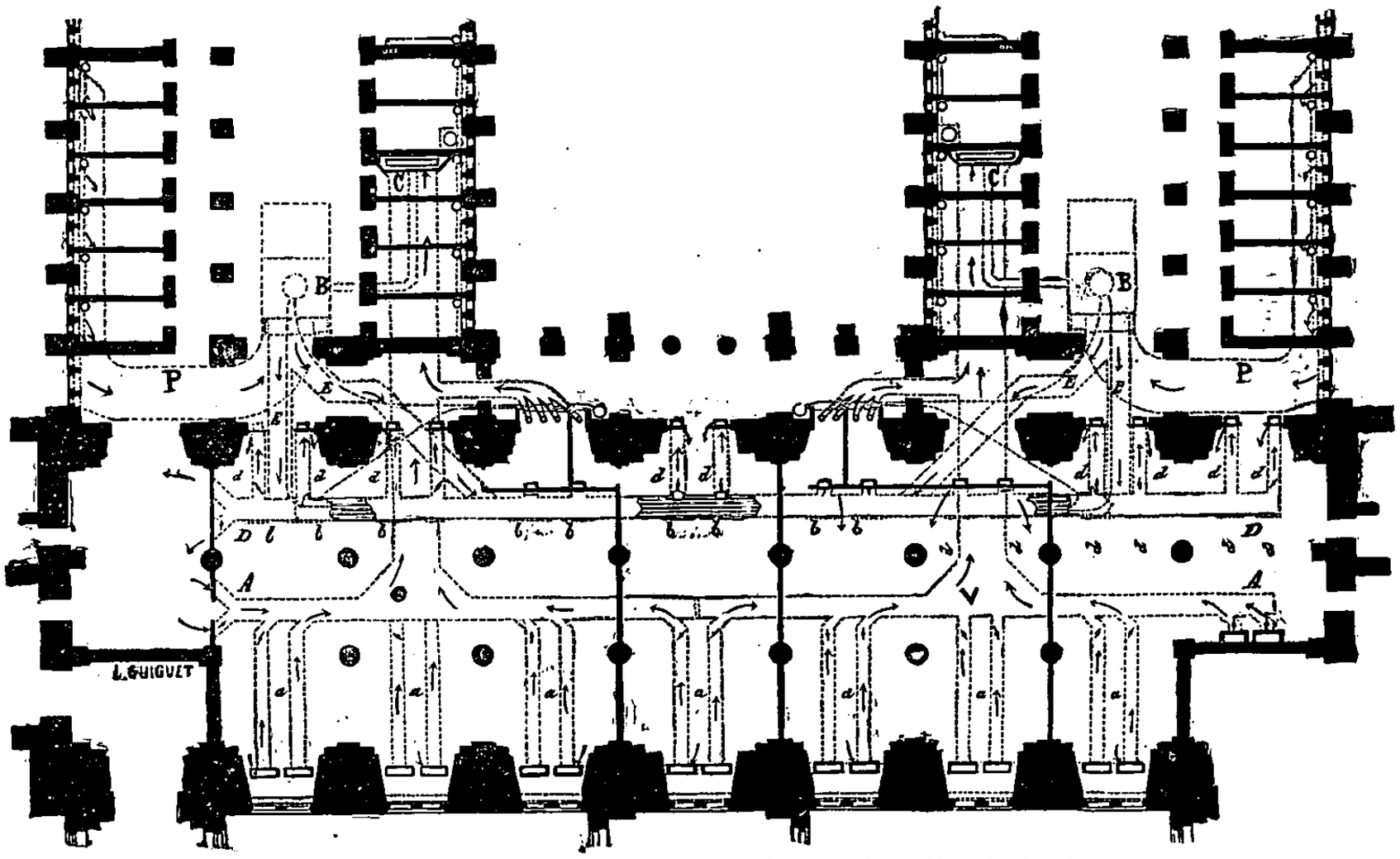


Fig. 34. — *Plan du Dépôt de la Préfecture de police de Paris.*

commission spéciale composée de MM. de Fontanges, Daumet et Androuet :

« Les dispositions du projet comportent un chauffage par circulation d'eau chaude. Cette circulation est enfermée dans un grand conduit en brique et tuile, suspendu à la voûte de la cave située précisément au-dessous des salles à chauffer.

« L'air de la cave pénètre par des ouvertures pratiquées dans la paillasse du coffre, et s'échauffe au contact des parois des tubes métalliques dans lesquels circule constamment de l'eau chaude fournie par deux chaudières.

« Cet air chaud et pur est ensuite distribué dans les salles à l'aide de huit canaux garnis de registres et branchés sur le conduit principal. Ces canaux débouchent dans les locaux à chauffer, par des ouvertures pratiquées à 1m,50 au-dessus du sol et pourvues de grilles.

« Une disposition ingénieuse permet de faire varier la température de l'air introduit dans les lieux de consommation : des ouvertures, dont on peut facilement faire varier la section grâce à des registres, ont été ménagées sur une des faces latérales du coffre et au-dessus de la surface de chauffe. L'air froid qui pénètre par ces ouvertures abaisse au degré convenable la température de l'air distribué.

« Les anciens conduits d'air chaud appartenant à deux calorifères ont été conservés et servent d'auxiliaires en cas de froid excessif.

« Des thermomètres placés dans chacune des salles ont permis de constater une température uniforme de 18° centigrades. »

Relativement aux dispositions adoptées pour la ventilation qui doit s'effectuer en même temps que le chauffage, le rapport de la commission s'exprime de la manière suivante :

« L'air vicié s'échappe par des bouches d'évacuation ouvertes dans les contre-marches des bancs en pierre existant dans les salles communes.

« Toutes ces bouches correspondent, au moyen d'embranchements, à un deuxième grand conduit horizontal, également suspendu à la voûte de la cave. Ce conduit débouche ensuite à la base de deux cheminées construites sur les emplacements désignés au devis descriptif. Le tuyau de fumée des calorifères, parcourant toute la hauteur de ces cheminées, fournit en hiver à la masse gazeuze la chaleur nécessaire pour déterminer une force ascensionnelle et produire ainsi l'appel. En été, un foyer spécial, établi à la partie inférieure de chacune des cheminées, produit le même effet.

« Les cabinets d'aisances, mis en communication avec les cheminées d'appel, sont parfaitement ventilés. »

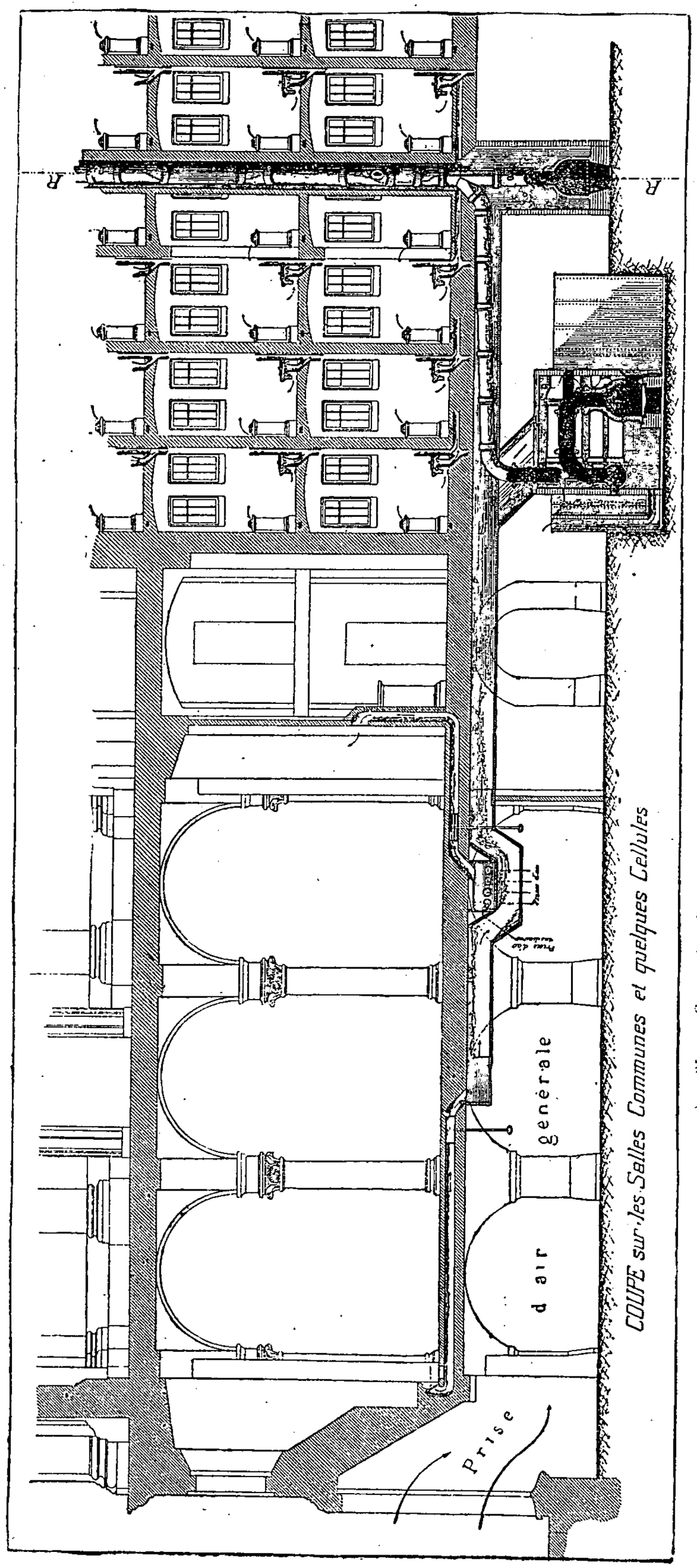


Fig. 35. — *Coupe longitudinale de l'installation du chauffage à eau chaude.*

Les figures 35 et 36 représentent la coupe longitudinale des bâtiments.

La figure 36 montre la cheminée d'appel où le tirage favorisé par un foyer spécial, détermine le courant ascendant nécessaire pour la ventilation.

Le même ingénieur a réalisé, par des dispositions analogues, d'autres chauffages importants parmi lesquels nous citerons encore la prison de Bourges, où les résultats ont été aussi satisfaisants que dans l'installation de la préfecture de police.

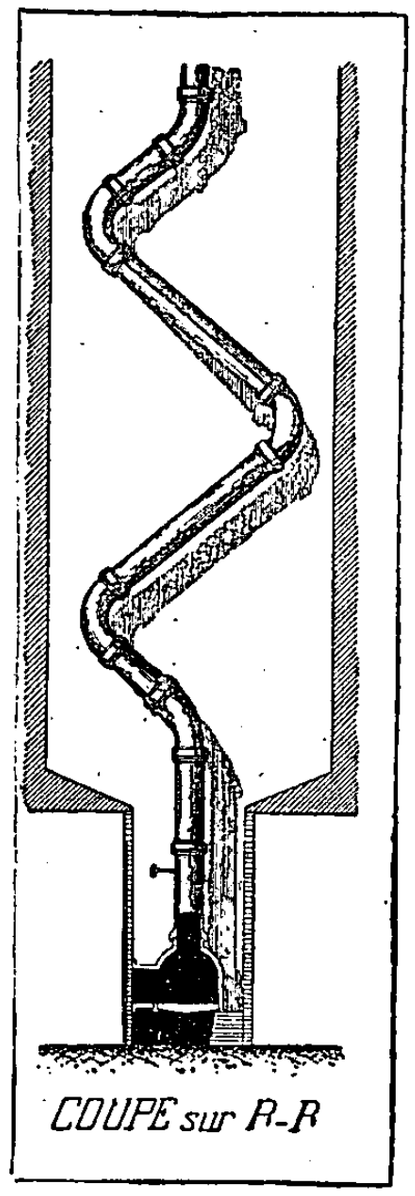


Fig. 36.
Coupe de la cheminée d'appel par la ventilation.

CHAUFFAGE DES BAINS. Le chauffage des bains est une des applications auxquelles se prête avec facilité le chauffage par circulation d'eau chaude à basse pression. La chaudière peut être placée à côté de la baignoire et reliée directement avec elle par les tubes d'élévation et de retour d'eau.

Dans les établissements publics, où il faut échauffer une grande masse d'eau dans un réservoir qui alimente toutes les baignoires de l'établissement, on peut installer la chaudière à circulation au-dessous du réservoir lui-même, en la faisant communiquer avec lui par les tuyaux d'ascension et de retour d'eau; en outre, on peut utiliser la chaleur du foyer en faisant passer le tuyau de fumée à travers la masse d'eau avec une disposition qui augmente autant que possible la surface de contact de ce tuyau dans l'eau à chauffer. — V. Bain.

Chauffage des serres. Cette application est une de celles auxquelles la circulation d'eau chaude convient d'une façon toute particulière, à cause de la douceur et de la régularité de la température qu'elle permet d'obtenir dans les serres, dans les jardins d'hiver, où les plantes exigent un chauffage modéré et uniforme. Les chaudières employées pour ce chauffage sont du genre de celles que nous avons décrites; les tuyaux de circulation sont généralement disposés sous les gradins et sous les plates-formes où sont rangées les plantes; on les place aussi dans les allées, dans l'épaisseur du carrelage, selon la disposition des locaux à chauffer et suivant les points où l'on veut obtenir la plus haute température. — V. Serre.

Chauffage à eau chaude à haute pression. Ce système diffère du précédent en ce que le circuit est complètement fermé, sans communication avec l'atmosphère, et l'eau se trouve mêlée avec une petite quantité de vapeur, qui circule dans les tuyaux où la pression atteint une limite assez élevée. Léon Duvoir ne dépassait pas une moyenne de cinq atmosphères; mais le système anglais dû à Perkins atteint des pressions qui s'élèvent jusqu'à 15 et 20 atmosphères.

L'avantage des hautes pressions est de pouvoir obtenir les mêmes quantités de calorique avec des tuyaux d'un diamètre beaucoup plus petit, avec des surfaces de chauffe beaucoup moins étendues. La traversée des murs est moins coûteuse. La différence de température entre la colonne ascendante et les conduites de retour est beaucoup plus grande, et la vitesse de circulation est notablement supérieure à celle qu'on obtient dans l'autre système. Mais, à côté de ces qualités il faut examiner le danger des explosions qui, dans un circuit complètement fermé, augmente avec l'élévation de la température. L'inconvénient est plus grand avec les appareils où la pression ne dépasse pas cinq atmosphères qu'avec ceux de Perkins parce que, dans les premiers, les poêles auxquels on a recours pour chauffer les salles contiennent, ainsi que la tuyauterie qui est d'un diamètre relativement assez gros, une grande quantité d'eau chaude qui, en cas de rupture d'un appareil ou d'une conduite, répandrait une masse d'eau considérable, mélangée de vapeur, pouvant occasionner des accidents graves. Dans les circulations à très haute pression, le diamètre des tubes étant très réduit, et les poêles étant formés de serpentins du même diamètre que la tuyauterie, la masse d'eau contenue dans l'ensemble du système est relativement minime, et la diffusion de cette faible quantité présenterait moins de danger que dans le cas précédent.

Dans les installations faites par Léon Duvoir la chaudière est en tôle, à foyer intérieur; le tuyau ascensionnel est en fonte, d'un gros diamètre, s'élevant jusque dans le comble du bâtiment à chauffer. Des joints compensateurs sont répartis à certaines places du circuit, pour éviter les ruptures causées par la dilatation du métal. Au sommet de la colonne verticale se trouve un vase d'expansion, mais qui, au lieu d'être ouvert à l'air libre, est complètement fermé, et muni d'une soupape de sûreté et d'un manomètre qui enregistre la pression sous laquelle fonctionne l'appareil.

Appareils Perkins. Le caractère distinctif et original de ce système est l'emploi de tubes d'un très petit diamètre pour faire circuler l'eau chaude dans toutes les parties d'un établissement. Ainsi on a établi des chauffages dont les tuyaux de distribution n'ont que 12 à 15 millimètres de diamètre intérieur, et 25 à 27 millimètres de diamètre extérieur. L'épaisseur du métal est par conséquent d'environ 6 millimètres, et peut, eu égard au petit diamètre, résister à des pressions de 100 à 200 atmosphères. Dans cette installation il n'y a pas de chaudière proprement dite : l'appareil qui reçoit l'action directe du fourneau est une portion du tube formant le circuit, la branche du serpentin qui monte verticalement, se rend à l'étage supérieur, où elle s'enroule encore en serpentin pour constituer le ou les poêles destinés à chauffer cet étage; puis le même tuyau redescend à l'étage inférieur, où il forme encore de la même façon de nouveaux poêles, et enfin le tube redescend au fourneau en venant y rentrer à la base du serpentin, ce qui constitue un circuit sans aucune solution de continuité, dans lequel l'eau circule avec une vitesse dépendant de la différence de température au départ et au retour du circuit. Un robinet de vidange placé sur la branche inférieure permet de vider au besoin l'ensemble de la conduite, et un tube avec bouchon placé au sommet du système sert à la remplir entièrement.

Une des principales difficultés à résoudre pour le fonctionement d'un circuit à si haute pression était la résistance et l'étanchéité parfaite des joints. Perkins a trouvé une disposition ingénieuse qui consiste à serrer l'une contre l'autre les deux extrémités à assembler au moyen d'un manchon fileté en sens contraire ainsi que les bouts de tuyaux; de plus, l'un des bouts est taillé en biseau, et plus on sert énergiquement les deux pièces l'une contre l'autre, plus le biseau forme un joint hermétique contre l'autre face plane dans laquelle il tend à pénétrer. Tous les joints des portions de tubes, des bouchons, des embranchements, sont formés de la même façon.

Pour faire fonctionner un ensemble de conduites tel que celui qui vient d'être indiqué,

on commence par remplir d'eau la tuyauterie, au moyen d'une pompe foulante qui permet d'atteindre, quand on veut éprouver les tubes, une pression de 200 atmosphères. On ferme ensuite le bouchon et on chauffe à la température voulue le serpentin placé dans le fourneau. La température de l'eau, après sa circulation dans tout le réseau de tuyaux, s'abaisse jusque vers 60 degrés. Si l'on veut marcher sous une pression de 15 atmosphères, on chauffera le serpentin de manière que la température de l'eau à la sortie du fourneau soit de 200 degrés. Si on le chauffe au-delà on peut atteindre des pressions de 20, 30 atmosphères et plus.

D'après des expériences faites sur l'efficacité du système, on a constaté que 30 litres d'eau, dans un circuit de 150 mètres de longueur, suffisent pour chauffer un volume de 500 mètres cubes d'air; le fourneau contenant le serpentin destiné au chauffage de l'eau ne mesure pas plus de $1^m,10$ de long sur 1 mètre de hauteur et $0^m,80$ de largeur. Ces données font voir combien sont réduites les dimensions des appareils Perkins comparativement à tous les autres modes de chauffage.

Dans les essais faits à la prison militaire de la rue du Cherche-Midi, à Paris, on a trouvé qu'il suffisait de consommer $5^k,500$ de charbon par douze heures de chauffage et par 100 mètres cubes d'air pris à 0° au-dehors et chauffés régulièrement à 15° dans les salles de l'établissement.

Ce système, d'une application facile aux édifices, aux serres, aux réservoirs, aux bains, est d'une simplicité et d'une économie qui séduisent au premier abord. Il semble que leur usage devrait être plus répandu en France qu'il ne l'a été jusqu'à présent. Il est beaucoup plus employé en Angleterre que chez nous. Les pressions excessives sous lesquelles l'appareil fonctionne sont probablement une des causes qui font hésiter à en adopter l'usage. Et cependant, diverses expériences faites pour se rendre compte de l'effet que produirait la rupture d'un tube ont démontré qu'elle ne détermine généralement pas d'accident grave, et que tout le mal se borne à un déchirement du métal avec un écoulement de vapeur contre lequel on peut assez facilement garantir les personnes et les objets placés à proximité.

Avant de terminer ce que nous avions à dire sur le chauffage à eau chaude, il nous reste à parler d'un nouvel appareil qui paraît devoir corriger complètement le défaut qu'on reproche à ce mode de chauffage, de ne se mettre en marche que lentement et de nécessiter pour leur installation de grandes précautions quant au niveau et à la purge. Ainsi que nous le disons plus haut les contre-pentes engendrent des *coups de bélier*.

MM. Cuau aîné et fils, par l'application au chauffage d'un appareil de leur invention : *l'éjecteur à cônes divergents*, sont arrivés à remédier aux inconvénients que nous constations et à accélerer la vitesse de l'eau dans des proportions qui peuvent atteindre 15 à 20 mètres à la seconde. A vrai dire, c'est là un chauffage mixte à eau chaude et à vapeur, puisqu'il faut l'adjonction d'une certaine quantité de vapeur servant de fluide *moteur* et *réchauffeur* tout à la fois, et l'économie peut devenir considérable si l'on emploie de la vapeur surchauffée dont la température peut être élevée à 500 degrés centigrades. On comprend qu'une quantité peu considérable de cette vapeur suffit pour échauffer une grande quantité d'eau.

Nous ne pouvons mieux comparer ce système qu'à une pompe dont l'aspiration et le refoulement communiqueraient à un même réservoir fermé ou à air libre. Il est clair qu'en manœuvrant la pompe l'effort employé sera très faible puisque l'aspiration et le refoulement se feront presque équilibre.

Dans le système appliqué par ces inventeurs, l'éjecteur remplace la pompe que nous avons prise comme comparaison. En ouvrant la prise de vapeur, l'éjecteur refoule d'un côté l'eau qu'il échauffe et, faisant le vide de l'autre côté, aspire l'eau qui a cédé son calorique à l'air ambiant. De là une circulation des plus rapides et une aspiration telle qu'on peut ne pas tenir compte des contre-pentes.

Cette circulation peut être fort étendue et l'alimentation des tuyaux et des poêles se fait automatiquement, la vapeur qui se condense suffisant et au delà pour remplacer l'eau perdue par l'évaporation.

Chauffage par la vapeur. Pour de grandes installations, la vapeur offre des avantages tout particuliers, elle est un agent économique et puissant (souvent le seul possible) pour transporter la chaleur à distance et la répartir à volonté sur tous les points où son action doit se faire sentir. En effet, même sous l'influence d'une très faible pression, la vapeur circule avec une grande rapidité et n'exige que des conduites de petit diamètre. En outre, il y a lieu de rappeler ici qu'un kilogramme d'air chauffé de 0° à 100° emmagasine seulement 24 calories, et l'eau 100 calories, alors que la vapeur en contient environ 637 dont 537 sont immédiatement utilisables par le seul fait de la condensation; les 100 autres calories contenues dans l'eau condensée peuvent encore être utilisées à peu près comme dans les appareils à eau chaude.

L'installation d'un chauffage à vapeur comprend trois parties essentielles : le *générateur*, ou chaudière servant à produire la vapeur; la *distribution*, qui se compose de tuyaux conduisant la vapeur dans toutes les directions voulues, et enfin les récipients ou *poêles à vapeur*, placés le plus souvent dans les salles à chauffer, présentant une assez grande surface extérieure pour faciliter la condensation et pour transmettre au dehors, à travers les parois métalliques, la chaleur que cette condensation met en liberté. Ce principe étant posé, il est clair que les dispositions des appareils sont susceptibles de variations plus ou moins avantageuses, et que l'efficacité du chauffage dépend elle-même des proportions et des formes adoptées pour la distribution de la vapeur.

Nous allons d'abord étudier sommairement les conditions théoriques de ce système de chauffage. Nous verrons ensuite son application pratique, en

décrivant quelques-uns des appareils employés et quelques exemples des meilleures installations qui ont été réalisées jusqu'à ce jour.

1° *Quantité de vapeur à dépenser par heure.* Pour connaître la quantité de vapeur qu'il est nécessaire de dépenser par heure, il faut d'abord déterminer la somme de chaleur à produire. On la calculera, comme nous l'avons fait pour les calorifères à air chaud, en tenant compte de la perte occasionnée par les parois, et cherchant le nombre de calories nécessaire pour amener de la température extérieure θ prise comme point de départ, à la température intérieure t qu'on veut obtenir dans le local, le volume d'air que l'on se propose d'admettre et d'évacuer par heure.

C'est la quantité que nous avons désignée par la lettre Q, en parlant des calorifères, et qui a été exprimée par la relation

$$0{,}312 \times V(t-\theta) = Q$$

Si nous désignons par T la température à laquelle on prendra la vapeur, température qui augmente avec la pression, la quantité de chaleur cédée par un kilogramme de vapeur ramenée à 100°, c'est-à-dire à son point de condensation, sera représentée par

$$537 + 0{,}475(T-100)$$

quantité qui se compose 1° de la *chaleur latente* de vaporisation, 2° de la chaleur absorbée pour passer de la température de 100° à la température T correspondant à la pression de la vapeur.

Dans la pratique, en faisant entrer en ligne de compte la perte de chaleur dans la transmission à travers les parois des appareils, on admet généralement qu'un kilogramme de vapeur en se condensant fournit 500 unités de chaleur utilisables.

D'après cela connaissant la quantité Q d'unités de chaleur à fournir, on aura pour la quantité K de kilogrammes de vapeur à produire l'expression

$$\frac{Q}{500} = K$$

2° *Quantité de combustible à consommer.* Etant admis qu'une chaudière de construction convenable produit 6 kilogrammes de vapeur par kilogramme de houille brûlée, le nombre de kilogrammes de houille à consommer par heure pour obtenir K kilogrammes de vapeur, sera représenté par $\frac{6}{K}$

3° *Choix et dimensions de la chaudière.* Tous les types de générateurs de vapeur peuvent s'appliquer au chauffage ; mais ces installations, surtout quand il s'agit des édifices, où l'on n'a pas toujours des hommes aussi exercés que dans un établissement industriel à la conduite des appareils à vapeur, doivent être aussi simples, aussi faciles que possible à surveiller. Les chaudières à bouilleurs, ou celles à foyer intérieur, sont employées avec avantage, à cause de leur simplicité et de leur bon fonctionnement.

La *surface de chauffe* se calcule ordinairement en partant de ce point qu'un mètre carré de surface chauffée fournit en moyenne 15 kilogrammes de vapeur par heure. Donc pour produire les K kilogrammes de vapeur, que nous savons déjà calculer, il faudra une surface égale à $\frac{K}{15}$, ce qui nous donne le nombre de mètres carrés nécessaires. La *force en chevaux-vapeur*, qui correspondra à cette quantité de vapeur, sera donnée par la relation $\frac{K}{20}$ étant admis que chaque cheval-vapeur correspond à 20 kilogrammes de vapeur produite par heure.

4° *Alimentation.* On conçoit qu'il est important de ramener l'eau de condensation à la chaudière, en lui conservant une température aussi élevée que possible. En effet, plus l'eau sera à une température voisine de 100°, moins il faudra dépenser de calorique, et par conséquent de combustible pour la ramener à son point de vaporisation. On peut réunir l'eau de condensation dans une bâche où elle est puisée par les appareils d'alimentation, *injecteur* ou *pompe alimentaire ;* ou bien, la faire revenir à la chaudière par un conduit spécial, avec le concours d'un appareil fort simple, d'un fonctionnement sûr, qu'on nomme la *bouteille alimentaire.* Dans le cas où l'on se sert d'injecteurs on ne doit les faire fonctionner qu'avec de l'eau n'excédant pas 45 à 50 degrés de chaleur pour que leur marche soit exempte des causes de dérangement qu'une plus haute température occasionnerait.

5° *Tuyaux de distribution.* Les dimensions des tuyaux influant nécessairement sur les dépenses d'installation, on a intérêt, surtout quand on veut établir des conduites en cuivre, à réduire leur diamètre au minimum possible. On y trouve d'ailleurs le triple avantage de réduire les frais d'acquisition, de diminuer le refroidissement dans le parcours, et d'augmenter la facilité d'établissement. Mais on augmente aussi la résistance à l'écoulement de la vapeur, et à celui de l'eau de condensation. Il y a par conséquent une limite qu'il ne faut pas dépasser.

M. Péclet a donné pour calculer le diamètre des tuyaux de vapeur la formule suivante :

$$H - h = h K \frac{L}{D}$$

dans laquelle

D représente le diamètre cherché ;

H la pression de la vapeur dans la chaudière, à l'origine de la conduite ;

h la pression au point où l'on veut utiliser la vapeur ;

L la longueur depuis le départ jusqu'à ce point d'arrivée ;

K un coefficient fixe égal à 0,024.

Soit V la vitesse d'écoulement sous la pression H, et v la vitesse sous la pression h, on aura

$$H = \frac{V^2}{2g} \text{ et } h = \frac{v^2}{2g}$$

la formule précédente deviendra alors

$$H - h = \frac{v^2}{2g} \times 0{,}024 \times \frac{L}{D}$$

d'où l'on voit que la perte de pression $H - h$ est proportionnelle au carré de la vitesse, à la lon-

gueur de la conduite, et qu'elle est inversement proportionnelle au diamètre. Pour les faibles pressions, on peut faire circuler la vapeur à une vitesse de 15 à 25 mètres ; et pour les pressions de 4 à 5 atmosphères on peut élever la vitesse jusqu'à 40 à 50 mètres.

Si l'on fait circuler la vapeur sous une pression de 5 atmosphères, à une vitesse de 50 mètres, un tuyau de 52 millimètres de diamètre suffira pour débiter 1,000 kilogrammes de vapeur par heure.

6° *Influence des coudes*. L'influence des coudes est assez sensible pour qu'on tâche de les éviter ou du moins de les atténuer autant que possible. Si le coude est à angle droit la perte de pression est égale à toute la force vive de vapeur, c'est-à-dire à $\frac{v^2}{2g}$. Elle se réduit d'environ moitié si le coude est arrondi.

Pour une vitesse de 40 mètres, la perte de pression, en hauteur de colonne d'eau, produite par un coude à 90° arrondi, est évaluée à $0^m,21$.

7° *Dispositions pratiques à donner aux tuyaux de distribution*. Les conduites employées pour la distribution doivent avoir un diamètre en rapport avec la quantité de vapeur qu'elles débitent sous la pression du générateur, et avec la longueur du parcours à desservir. Les diamètres déterminés par la formule de Péclet répondent bien à cette double condition, mais dans la pratique il convient de se tenir plutôt au-dessus de la limite exacte donnée par le calcul, afin de prévoir les variations et les accroissements du service, ainsi que les causes accidentelles qui peuvent influer sur la régularité du débit.

Dans les chauffages à basse pression le diamètre est nécessairement plus fort que dans ceux qui fonctionnent à haute pression. On peut les déterminer pratiquement en suivant la règle posée par M. Grouvelle père, qui fut l'un des promoteurs les plus ardents du chauffage à vapeur, dont il fit avec un complet succès des installations importantes.

1° Pour les appareils marchant à basse pression, c'est-à-dire au-dessous de 2 atmosphères, *on peut faire varier le diamètre de* $0^m,07$ à $0^m,20$. Ainsi un diamètre de $0^m,11$ correspond dans ce cas, par exemple, à l'emploi d'un générateur de 12 chevaux-vapeur.

2° Pour les appareils fonctionnant à haute pression, c'est-à-dire à des pressions variant de 2 à 5 ou 6 atmosphères, le diamètre s'obtient *en ajoutant à une cote minimum de* $0^m,035$, prise comme point de départ, *autant de fois* $0^m,0015$ *qu'il y a de chevaux-vapeur correspondant à la force du générateur ou à la quantité de vapeur qui doit passer dans le tuyau.*

Ainsi le diamètre qui correspondrait à une force de 12 chevaux, dans la marche à haute pression, sera exprimé par $0^m,035 + 12 \times 0^m,0015$, ce qui donne $0^m,053$. On ne doit jamais descendre au-dessous du diamètre de $0^m,020$ à $0^m,030$, pour les *embranchements partiels* dérivant de la conduite principale de distribution.

8° *Nature des tuyaux*. Quand les tuyaux ont un petit diamètre, ils sont généralement en cuivre ou en fer étiré.

Les tuyaux en cuivre coûtent plus cher, mais ils ont l'avantage de se prêter beaucoup mieux aux changements, additions ou démontages, que l'on peut avoir besoin d'effectuer plus tard ; ils conservent d'ailleurs à peu près la valeur de la première mise de fonds, et peuvent être changés et réemployés ailleurs avec une perte relativement minime. Les tuyaux en fer étiré coûtent moins cher et sont d'une installation très commode, à cause de leur jonction au moyen de raccords taraudés, mais ils ne permettent pas de démonter facilement une portion de conduite, quand on a des modifications ou des réparations à faire ; on ne peut dévisser un tuyau qu'en reculant la portion voisine ; les branchements nouveaux qu'on voudrait ajouter plus tard exigent un travail qu'il n'est pas toujours aisé d'exécuter ; enfin, quand on les démonte pour les changer, ces tuyaux perdent une grande partie de leur valeur.

A mesure que le diamètre s'accroît, la dépense augmente dans des proportions telles qu'on a intérêt à recourir de préférence à l'emploi des tuyaux en tôle ou en fonte. La nature des surfaces influe, comme nous le verrons plus loin en parlant des appareils de condensation, sur la condensation de la vapeur et par conséquent sur la quantité de chaleur abandonnée dans le parcours des conduites de distribution.

Quand on interpose sur ce parcours des appareils à *surface chauffante*, tels que des *tuyaux à disques ou à nervures*, ou des *poêles à vapeur*, l'action calorifique devant être localisée autour de ces appareils, il importe que les tuyaux de jonction perdent le moins possible de chaleur dans leur longueur. On les installe généralement dans les parquets, dans les murs ; on les protège, surtout quand ils sont isolés et exposés à l'air, avec des *enveloppes* non conductrices, des enduits calorifuges. On peut d'ailleurs leur donner dans ce cas le moindre diamètre possible, pour diminuer les causes de refroidissement. Mais quand on emploie les tuyaux eux-mêmes comme distributeurs du calorique, il y a avantage à favoriser la transmission du calorique sur leur surface, et par conséquant à leur donner un diamètre aussi grand que possible.

C'est ce que l'on fait dans le chauffage des ateliers, des étuves, des séchoirs, et autres applications qui seront plus loin l'objet d'une étude spéciale sous le titre de CHAUFFAGE INDUSTRIEL. Dans ce cas, on donne la préférence aux tuyaux de fonte, qu'on emploie avec des diamètres qui varient de $0^m,10$ jusqu'à $0^m,25$.

9° *Joints de tuyaux*. La première condition d'une conduite de distribution c'est d'être complètement étanche. La bonne exécution des joints est par conséquent un point essentiel dans l'installation d'un chauffage par la vapeur. Pour les tuyaux de petit diamètre, de $0^m,03$ à 0^m05 par exemple, que l'on fait en cuivre, l'assemblage est obtenu au moyen de brides entre lesquelles on interpose soit des rondelles en plomb ou en carton, imprégnées de minium, soit des tresses en chanvre

avec minium ou mastic Serbat, ou bien encore des rondelles en caoutchouc. Le serrage est effectué par des boulons, comme pour tous les joints de vapeur en général.

Quand on emploie les tubes en fer étiré, l'assemblage se fait au moyen de manchons filetés dans lesquels se vissent les extrémités, filetées pareillement, des portions de tubes à raccorder.

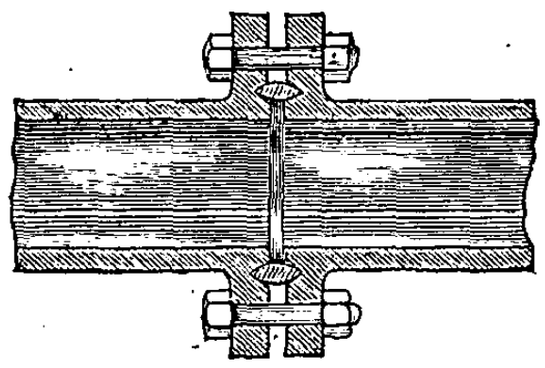


Fig. 37. — *Joint métallique.*

Pour les conduites de gros diamètre, pouvant varier de 0m,10 à 0m,25, on emploie la tôle et plus souvent la fonte. Dans ce dernier cas, les joints peuvent se faire à emboîtement, ou à brides; l'étanchéité est plus assurée avec les joints à brides, entre lesquels on interpose des rondelles élastiques, et qu'on peut toujours resserrer, si besoin est, au moyen des boulons qui assemblent les pièces. Il y a aussi un autre système de joint qu'on appelle *joint métallique* (fig. 37), qui consiste en une bague de cuivre rouge serrée dans des rainures triangulaires opposées l'une à l'autre sur les faces des brides à raccorder. La bague est amincie à ses bords, et le serrage la comprimant dans la rainure triangulaire détermine une adhérence complète qui assure l'étanchéité du joint. Les joints en carton d'amiante sont aussi employés avantageusement pour les conduites de distribution de vapeur.

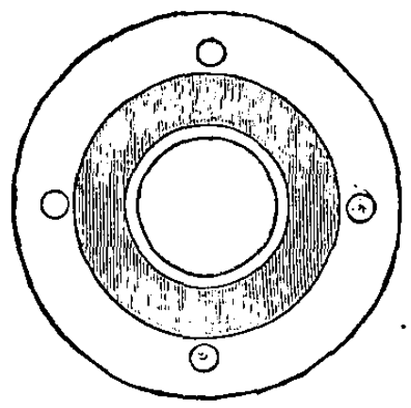


Fig. 38. — *Joint étanche, au moyen de carton, chanvre et minium.*

Pour compléter ce que nous avons dit des joints à brides, nous donnons la disposition d'un joint au carton et au minium qui permet d'obtenir une étanchéité parfaite. Le carton est découpé en rondelle dont l'intérieur est un peu plus grand que le diamètre intérieur du tuyau, et l'extérieur atteint à peu près le bord des trous des boulons. Après avoir ramolli la rondelle en la trempant dans l'eau, on la frotte d'huile, puis de minium en pâte; ensuite on l'enveloppe de chanvre, en tournant les brins autour de la rondelle de manière à former une couche régulière et continue, par dessus laquelle on applique une nouvelle couche de minium. On dispose la rondelle sur l'une des brides, comme l'indique la figure 38, et on approche l'autre bride avec précaution pour ne pas déplacer la rondelle. Le joint est ensuite serré à fond, et l'étanchéité est assurée, surtout si, après le serrage du joint, on prend soin de bien remplir encore avec du mastic le petit intervalle que l'épaisseur de la rondelle a déterminé entre les deux brides.

La nécessité de faire des joints étanches implique la rapidité de ces joints, même en employant le caoutchouc, du moment que le serrage est fait à fond au moyen de boulons qui ne permettent plus le moindre mouvement. Mais on conçoit bien que des conduites ainsi rigides ne se prêtent pas aux variations que détermine la dilatation des métaux quand ils s'échauffent et leur contraction quand ils se refroidissent. Ces alternatives d'allongement et de retrait qui modifient plus ou moins, suivant la température, la longueur des tuyaux, sont une cause naturelle de dislocation des joints.

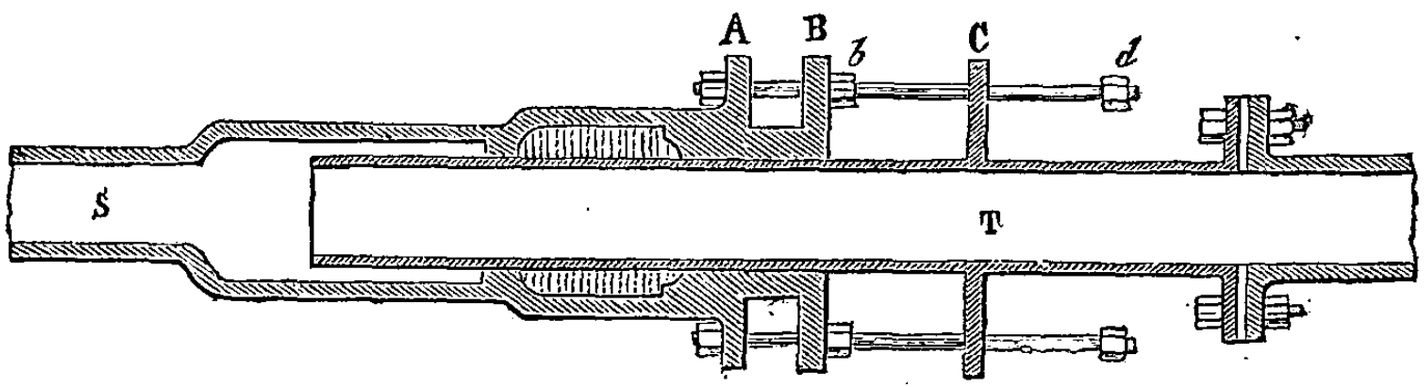


Fig. 39. — *Joint compensateur.*

Ainsi pour une différence de température de 0° à 100°, et pour une longueur de 100 mètres, l'allongement est évalué à 0m,12 pour les tuyaux en fonte, 0m,17 pour les tuyaux en cuivre.

Cette variation de longueur est assez sensible pour qu'on se préoccupe d'en atténuer les effets, et qu'on cherche à rendre aussi libre que possible la dilatation des tuyaux. On a imaginé pour cela diverses dispositions.

L'une d'elles, entre autres, consiste dans l'interposition de rondelles élastiques creuses comme les plis d'un soufflet. Un autre type de *joint compensateur* consiste dans l'emploi d'une sorte de presse-étoupes, permettant aux deux tuyaux assemblés de glisser l'un dans l'autre sans cesser de former un joint étanche. La figure 39 représente cette disposition. Les deux brides A et B sont maintenues en place par le serrage des écrous *b*, et l'étoupe est toujours comprimée avec la même force quoique le tuyau T glisse à

frottement dans la gaine fixe du tuyau S. Pour éviter que l'allongement fasse sortir d'une trop grande quantité le tuyau T, la tige des boulons d'assemblage se prolonge jusqu'en *d*, de sorte que la bride C du tuyau peut arriver jusqu'à butter contre l'écrou *d*, mais elle ne peut dépasser cette limite, qui est calculée de manière à ce que le joint ne puisse cesser d'être étanche.

On emploie encore une autre disposition qui consiste à interposer entre deux parties de tuyauterie une jonction formée d'un tuyau recourbé, d'un diamètre beaucoup moindre, conservant en raison même de sa courbure une certaine élasticité qui lui permet, aux deux branches, de s'ouvrir ou de se reformer d'une quantité suffisante pour compenser l'allongement des conduites. C'est principalement pour les coudes que cette disposition est avantageuse comme on le voit sur

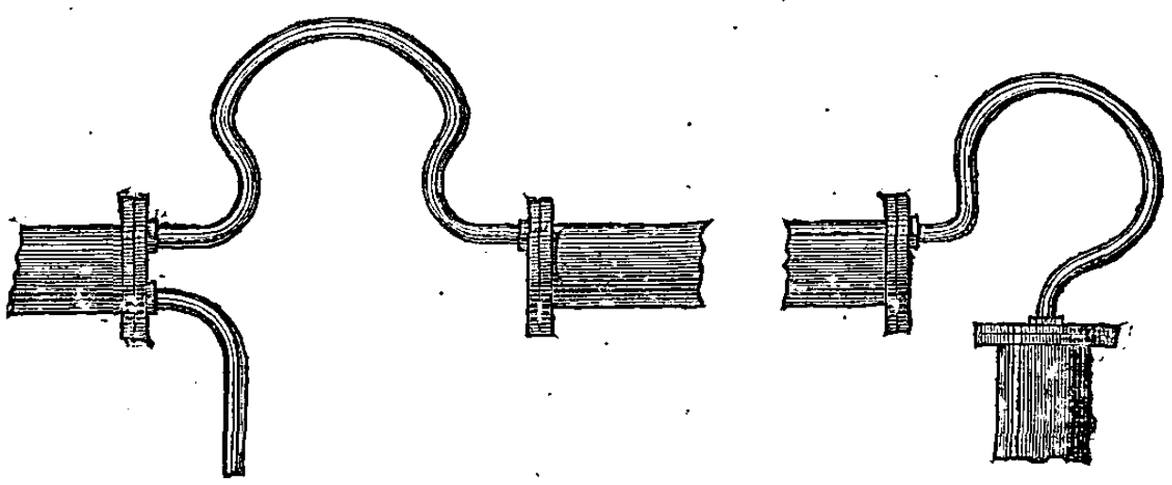


Fig. 40. — *Tuyaux de compensation.*

la figure 40, qui montre deux dispositions, l'une appliquée dans le parcours d'une conduite droite, l'autre dans un angle.

Tuyaux de retour d'eau. Lorsque la vapeur a subi, dans le parcours des conduites, ou dans les appareils à surface, la condensation qui lui a fait abandonner la chaleur utilisée au chauffage de l'air ambiant, l'eau résultant de cette condensation doit être ramenée au générateur par des conduites spéciales. D'abord pour que celle qui s'est

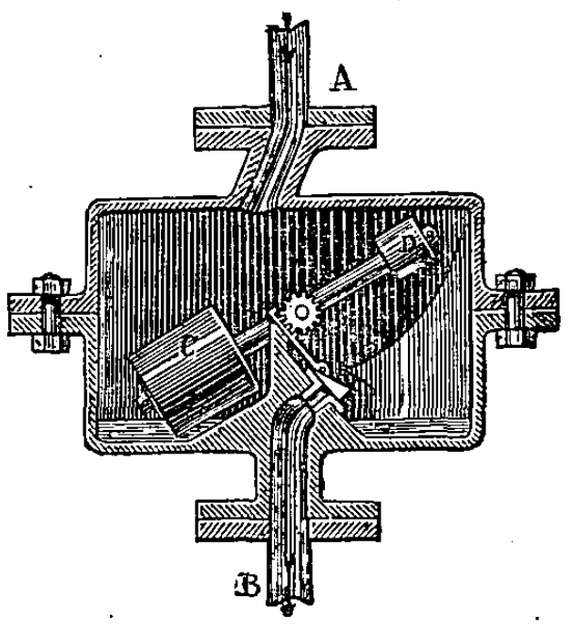


Fig. 41. — *Purgeur automatique de MM. Geneste et Herscher.*

condensée dans les tuyaux n'y séjourne pas, il importe que les conduites aient toujours une pente dirigée vers les points où doit se faire l'évacuation de cette eau. La *pente ne doit jamais être inférieure à deux millimètres et demi par mètre;* elle peut être plus forte sans inconvénient.

10° *Purgeurs automatiques.* Il faut que l'eau puisse retourner à la bâche d'alimentation, ou à la chaudière, sans que les tuyaux laissent échapper de la vapeur.

A cet effet, on place sur le tuyau de retour de l'eau des *purgeurs automatiques* qui s'ouvrent spontanément aussitôt que l'eau y atteint un certain niveau, et qui se referment de même dès que le niveau est revenu à son point d'équilibre.

Pour mieux faire comprendre le principe sur lequel reposent ces appareils, nous donnons ici la description d'un *purgeur-automatique* (fig: 41). Cet appareil est basé sur le principe de la balance hydrostatique.

Deux cylindres C et D, du même poids, mais de densités différentes, sont disposés aux deux extrémités d'une tige fixée sur un arbre perpendiculaire pouvant osciller sur son axe. Cet arbre porte un pignon qui actionne une crémaillère à l'extrémité de laquelle est fixé un tiroir E qui démasque un orifice de sortie B. L'appareil étant raccordé au moyen de la tubulure A à la conduite de vapeur qu'il est destiné à purger, l'eau et la vapeur pénétrent par cette tubulure. Les deux cylindres en équilibre étant de même poids et de densités différentes, il est évident que leurs volumes diffèrent dans la proportion inverse de leur densité : il en résulte qu'aussitôt que l'eau condensée, qui sera accumulée à la partie inférieure, viendra baigner l'un des deux ou même les deux cylindres, les volumes d'eau déplacés étant très différents, l'équilibre sera rompu et l'oscillation qui en résultera amènera l'ouverture du tiroir E. — L'eau s'écoulera alors, et il est facile de concevoir que l'ouverture du tiroir se règlera d'elle-même, proportionnellement à la quantité d'eau à purger.

Le fonctionnement du purgeur est absolument indépendant de la pression de la vapeur, qui n'agit que dans des limites très restreintes sur le tiroir, et ne peut jamais occasionner d'irrégularités dans ce fonctionnement.

M. Grouvelle a imaginé une autre disposition dans laquelle un flotteur fait manœuvrer un petit tiroir percé d'orifices qui viennent, au moment de l'ouverture, correspondre aux orifices par lesquels se fait l'évacuation de l'eau. Un autre genre de purgeur, celui de M. Heintz, au lieu d'employer un flotteur pour faire mouvoir la soupape

de sortie de l'eau, est basé sur la dilatation d'un tube métallique, dans le genre du manomètre Bourdon, fermé hermétiquement et contenant un liquide dont la vapeur acquiert une tension variant avec le degré de température. Suivant que cette tension augmente ou diminue, le tube ouvre ou ferme la soupape. On trouvera la description et le dessin de cet appareil dans la partie de cet article intitulée CHAUFFAGE INDUSTRIEL.

Citons encore un purgeur basé sur l'action

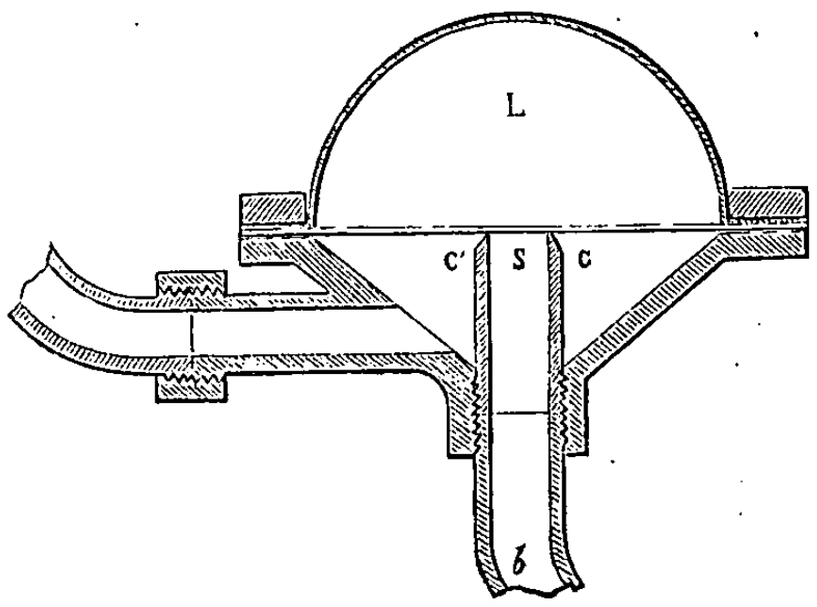


Fig. 42. — *Purgeur automatique agissant par la tension d'un liquide volatil sur une membrane flexible.*

d'une membrane métallique flexible, fermant l'orifice de sortie de l'eau, sous l'influence d'un liquide échauffé qui agit, comme dans le purgeur Heintz, par la tension plus ou moins forte de sa vapeur. Ce purgeur se place sur le tuyau de *retour direct* à la chaudière, il agit par conséquent sous l'action de la pression dans le générateur.

Cet appareil représenté (fig. 42) est formé d'une petite calotte sphérique en cuivre, et d'une base conique en fonte; les deux parties sont séparées par une membrane métallique très flexible et très élastique; les brides qui réunissent les deux moitiés de l'appareil servent à fixer cette membrane entre elles. La calotte supérieure constitue la chambre L, où se trouve enfermé un liquide à base d'alcool, dont la vapeur exerce sa pression sur la membrane flexible interposée entre la chambre L et le récipient CC. L'eau, poussée par la vapeur, entre par le tuyau A dans le récipient CC. La membrane métallique ferme l'orifice de l'ajutage S, ou découvre cet orifice, suivant que la tension de la vapeur dans la calotte L exerce une pression plus ou moins forte que celle qui agit pour soulever cette membrane.

APPAREILS DE CHAUFFAGE A VAPEUR

Lorsqu'on applique la vapeur au chauffage de salles dans lesquelles on désire établir un ou plusieurs foyers de chaleur, on dispose aux endroits déterminés des appareils à plus grande surface que la tuyauterie, constituant une sorte de réservoir de calorique, où la vitesse de la vapeur s'atténuant, celle-ci se trouve exposée à la condensation et cède aux parois du réservoir la chaleur qu'ils transmettent eux-mêmes à l'air ambiant.

La disposition la plus simple, qu'on adopte souvent pour les ateliers, les salles publiques sans ventilation, consiste dans l'emploi de tuyaux à grande surface, dits *tuyaux de condensation,* qu'on dispose soit en dessous du plancher dans des caniveaux, soit en l'air sur des supports ou des tiges de suspension. On peut aussi placer ces tuyaux dans des enveloppes constituant une espèce de chambre de chaleur qui fait l'office d'un véritable calorifère et qui distribue à l'entour l'air échauffé dans son enceinte au contact du réservoir de vapeur. L'efficacité de l'appareil est alors proportionnelle à la surface de condensation présentée par ce récipient de vapeur.

MM. Sée, de Lille, qui ont fait de nombreuses applications du chauffage par la vapeur au point de vue spécial des établissements industriels,

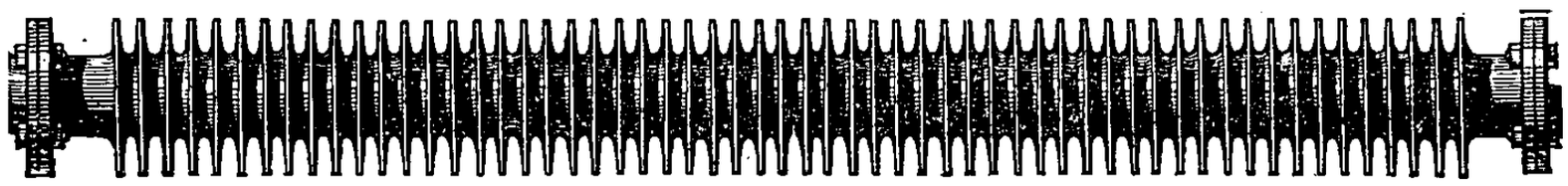


Fig. 43. — *Tuyaux de chauffage à surfaces multiples.*

augmentent la surface de chauffe des tuyaux destinés à la transmission du calorique en les garnissant de disques circulaires saillants (fig. 43) ayant une certaine analogie avec les ailettes des cloches de calorifères dont nous avons parlé précédemment.

Ainsi disposés, les tuyaux présentent à l'air qui les entoure une surface de contact beaucoup plus considérable, et la transmission de chaleur abandonnée à l'air, ou ce qui revient au même la puissance de condensation par heure et par unité de surface développée, est notablement supérieure à celle qu'on aurait avec les tuyaux lisses. On conçoit qu'en augmentant ainsi la surface de chauffe, on peut diminuer dans la même proportion la longueur à donner aux tuyaux pour obtenir une température déterminée. Par conséquent on réduit le développement des conduites, on réduit aussi le nombre de joints, qui est proportionnel à ce développement, et l'on rend l'installation plus simple, plus facile à faire étanche et à entretenir.

Le système de chauffage par tuyaux munis de nervures employé par plusieurs constructeurs a été perfectionné par MM. Geneste et Herscher qui ont excentré les disques afin d'améliorer le rendement, réduire les dépôts de poussière et en même temps faciliter le nettoyage. En outre, les brides d'assemblage sont elles-mêmes excentrées, cette dernière précaution a pour effet d'éviter les déformations et les fentes qui en sont la conséquence.

Des expériences récentes ont donné pour résultats les chiffres suivants :

Température ambiante.	kil.	
10° centigrades.	2.66	Poids d'eau condensée par heure et par mètre carré de surface d'appareils chauffés par de la vapeur à 5 atmosphères.
15° —	2.56	
20° —	2.50	
25° —	2.41	
30° —	2.33	
35° —	2.25	
40° —	2.16	
45° —	2.08	
50° —	2.00	
55° —	1.90	
60° —	1.80	

D'après les données de ce tableau, il suffit de déterminer, comme nous l'avons dit, la quantité de chaleur à fournir pour amener l'air d'un local à la température voulue, et l'on pourra ensuite déterminer la surface de chauffe nécessaire pour obtenir cette température. Toutefois, il ne faut pas oublier que le poids de la vapeur condensée diminue en même temps que la pression de cette vapeur.

Péclet a démontré que, dans les limites d'épaisseurs adoptées pour les appareils de condensation, la quantité de chaleur transmise est à peu près indépendante de cette épaisseur. Il n'y a donc pas lieu de chercher à la réduire, au détriment de la force ou de la durée. Mais, il n'en est pas de même de l'influence exercée par la nature du métal et par l'état de la surface, les parois métalliques noircies et mates laissant passer beaucoup mieux la chaleur que les parois brillantes et polies.

Pour proportionner les surfaces à la quantité de chaleur à fournir, on pourra combiner avec les données du tableau précédent, celles qui nous indiquent ci-dessous la puissance de transmission d'un mètre carré de diverses parois métalliques :

	Vapeur condensée	Calories transmises
	kil.	degrés
Tuyaux horizontaux, fonte nue, brute.	1.81	995
Tuyaux horizontaux, fonte noircie.	1.70	935
Tuyaux horizontaux, cuivre nu	1.47	808
Tuyaux horizontaux, cuivre noirci	1.70	935
Tuyaux verticaux, cuivre noirci	1.98	1089
Tuyaux verticaux, tôle neuve.	1.80	990
Tuyaux verticaux, tôle oxydée ou noircie.	2.10	1155

Plusieurs constructeurs ont imité les ailettes des calorifères en disposant autour des tuyaux de condensation des nervures parallèles à l'axe. Il est facile de voir que pour un même diamètre intérieur et pour une même longueur, la surface extérieure développée est moindre avec les nervures longitudinales qu'avec les disques circulaires.

La longueur des tuyaux de condensation ne dépasse généralement pas $2^m,50$. On en multiplie le nombre suivant l'espace à chauffer.

On peut imaginer bien d'autres formes que la surface cylindrique; on peut disposer, par exemple, des tuyaux aplatis, à section très mince et très allongée; on peut aussi faire des appareils rectangulaires, polygonaux, etc. Toutes ces combinaisons procèdent du même principe.

Poêles a vapeur. Dans les édifices, dans les églises, les hôpitaux, les prisons, on se sert maintenant généralement des appareils désignés sous le nom de *Poêles à vapeur*, dont nous allons décrire deux types principaux.

Le nom donné à ces appareils vient d'une certaine analogie de forme et d'installation avec les poêles ordinaires. Comme eux, ils se placent isolés au milieu, ou dans un endroit quelconque du local à chauffer. Au lieu de fonctionner avec la vapeur seule, ils contiennent souvent une certaine quantité d'eau qui sert de réservoir de chaleur, emmagasinant le calorique qui lui est apporté par le courant de vapeur, et transmettant

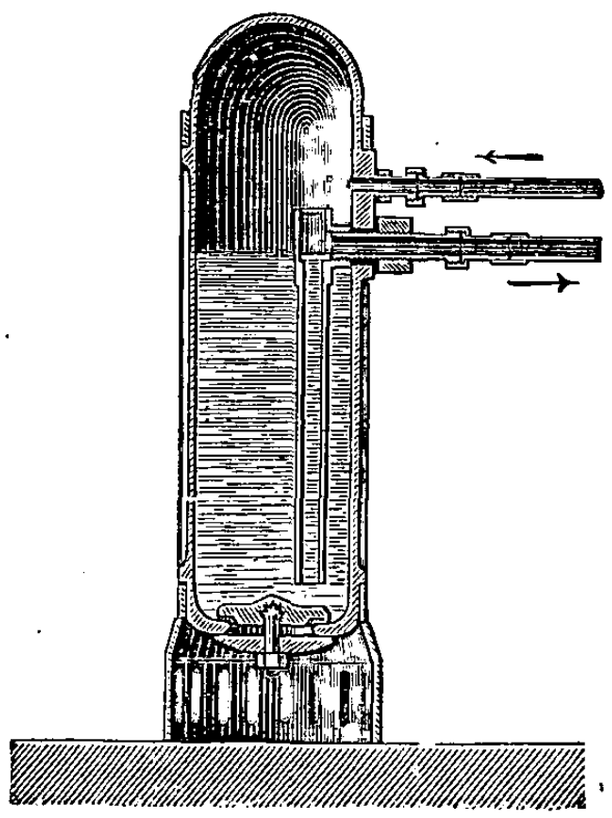


Fig. 44. — *Coupe verticale du poêle à vapeur de M. Grouvelle.*

à travers les parois du poêle ce calorique à l'air ambiant. Citons, comme premier exemple, le poêle représenté en coupe verticale (fig. 44). Ce poêle, en tôle et fonte, est cylindrique, la vapeur arrive par le tuyau supérieur qu'on voit placé au-dessus du niveau de l'eau ; ce niveau est maintenu constant par un tube plongeant jusqu'à la partie inférieure de l'appareil et formant siphon pour enlever l'excès d'eau condensée, en lui donnant accès dans le tuyau de retour qui doit la ramener au générateur. La base du réservoir intérieur est munie d'une fermeture autoclave pour permettre le nettoyage qu'on a besoin d'effectuer de temps en temps. L'air arrive par le socle, il s'élève entre le récipient intérieur et l'enveloppe concentrique, et sort par les ouvertures disposées latéralement.

Le second type (fig. 45) de poêle à vapeur que nous signalons est celui de MM. Geneste et Herscher. Il est basé sur le même principe, et comme le précédent, emploie l'eau jouant le rôle d'intermédiaire pour absorber et transmettre

la chaleur apportée par la vapeur. Il est formé de trois enveloppes cylindriques concentriquement disposées, les deux intérieures formant quatre compartiments superposés. La vapeur arrive par le sommet, et alimente simultanément les divers étages en suivant le conduit qui l'amène à l'intérieur du poêle. L'eau est placée dans des compartiments annulaires où la vapeur pénètre et lui communique son calorique.

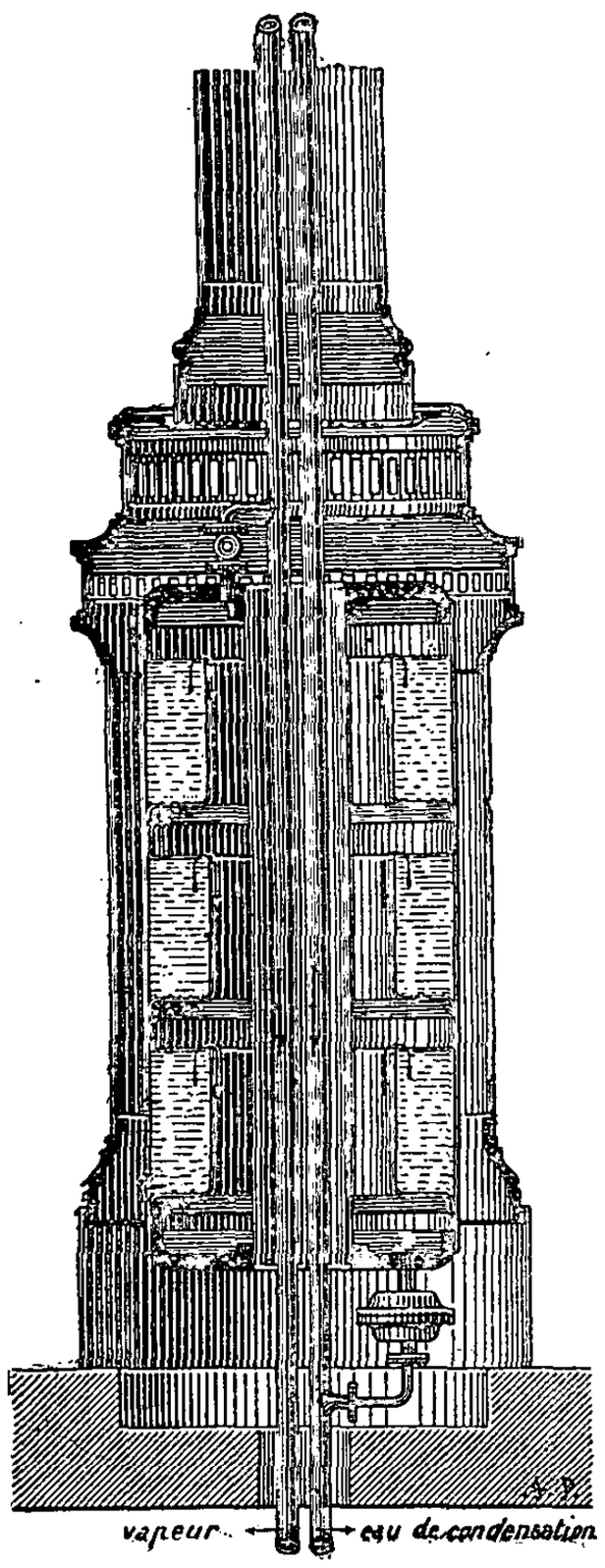


Fig. 45. — *Coupe verticale d'un poêle à vapeur.*

L'air, entré à la base de l'appareil, vient sortir par les orifices ménagés dans le couronnement de l'enveloppe extérieure. Le plus souvent les poêles que nous venons de décrire, ou les surfaces de chauffe analogues comme service, s'isolent des canalisations qui les desservent au moyen d'un robinet d'entrée et d'un autre de sortie. Ce moyen de réglage, quoique courant, n'est cependant pas complètement satisfaisant. En effet, le robinet de sortie qui doit être assez ouvert pour laisser couler l'eau de condensation et assez fermé pour éviter les pertes de vapeur, devrait être rationnellement manœuvré en permanence si l'on tient compte des fréquentes variations dans le volume d'eau que condense une surface de chauffe. MM. Geneste et Herscher ont très heureusement résolu cette difficulté par l'interposition d'un petit appareil automatique entre chaque poêle et la canalisation de retour.

Cet appareil désigné par eux sous le nom de *purgeur automatique par dilatation* se compose d'une boîte en fonte A munie de deux tubulures B et C d'arrivée de vapeur et de sortie d'air ou d'eau condensée (*fig. 46*).

Dans la boîte A se trouve un ressort en spirale D formé de deux métaux, cuivre et fer, soudés ensemble. L'extrémité libre de la spirale D est reliée à une petite pièce E qui masque ou découvre l'orifice de la tubulure de sortie C, selon que cette spirale s'ouvre ou se ferme par la dilatation.

A la température ambiante, l'orifice O est libre et reste tel pendant tout le temps que la conduite se purge d'air, mais quand la vapeur parvient à la boîte du purgeur, sa température fait ouvrir la spirale et l'orifice de sortie O se trouve alors masqué et ne se découvre que lorsqu'il se trouve baigné dans de l'eau à moins de 100°.

Une autre difficulté à résoudre résulte des très sensibles différences de pression qui existent tou-

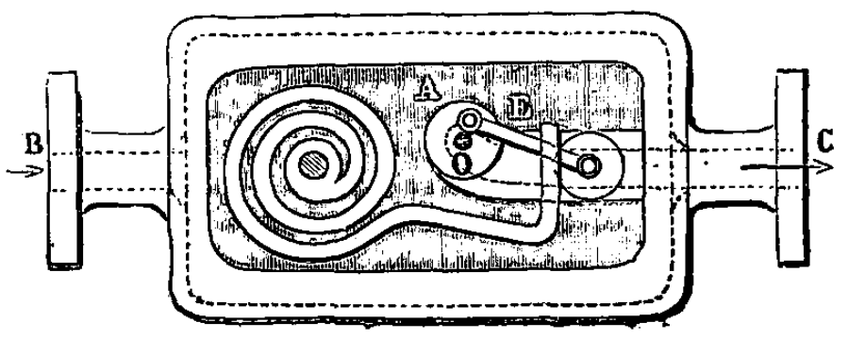


Fig. 46. — *Purgeur à dilatation.*

jours dans la conduite de distribution, entre les parties les plus rapprochées de la chaudière et celles qui en sont les plus éloignées. Ordinairement on se contente de fermer davantage les robinets les plus rapprochés du générateur et d'ouvrir davantage ceux des poêles les plus éloignés.

On comprend cependant l'imperfection d'un semblable mode de réglage. Les mêmes ingénieurs ont également résolu avec succès cette difficulté au moyen d'un *détendeur à pression* constante interposé entre la conduite maîtresse de distribution et les appareils de chauffage proprement dits.

Cet appareil représenté (fig. 47) se compose d'une boîte en fonte portant deux tubulures d'arrivée et de sortie de vapeur. Le milieu de la boîte est occupé par une soupape reliée par sa tige à une membrane métallique formant le fond de la boîte du côté de la tubulure de sortie. Au repos, cette soupape est ouverte. Quand l'appareil fonctionne, la vapeur arrive en pleine pression au-dessus de la soupape et passe de l'autre côté, mais alors détendue. Cette vapeur détendue agit sur la membrane métallique et l'oblige à céder lorsque la pression dépasse une limite fixée d'avance et réglée par le ressort. Il faut remarquer que ces détendeurs à pression constante, outre la propriété qu'ils ont d'assurer un régime uniforme sur toute l'étendue

d'un établissement, présentent aussi l'avantage très appréciable d'éviter qu'en aucun point la pression des appareils placés dans les locaux à chauffer ne dépasse une limite assignée d'avance.

Reniflards et souffleurs. En outre des appareils accessoires que nous avons déjà décrits, le chauffage à vapeur nécessite l'emploi de deux autres appareils qu'on a désignés sous le nom de *reniflards* ou soupapes de rentrée d'air, et de *souffleurs* ou purgeurs d'air.

Ces derniers servent principalement au moment de la mise en marche pour faciliter l'évacuation de l'air contenu dans les tuyaux et les appareils de chauffe. Ce sont de petits ajutages fermés par des robinets ou des vis, placés aux endroits où l'air peut s'accumuler. On les ouvre quand on met en marche l'installation; on les ouvre aussi de temps en temps, après la mise en marche, pour purger les conduites de l'air qui se dégage de l'eau pendant l'ébullition et qui se mélange à la vapeur.

Les *reniflards* sont des soupapes s'ouvrant automatiquement de dehors en dedans, quand la pression intérieure, par une cause accidentelle quelconque, s'abaisse au-dessous de la pression atmosphérique. Si, par un refroidissement trop brusque, par un arrêt dans la production ou la circulation de la vapeur, la pression dans les

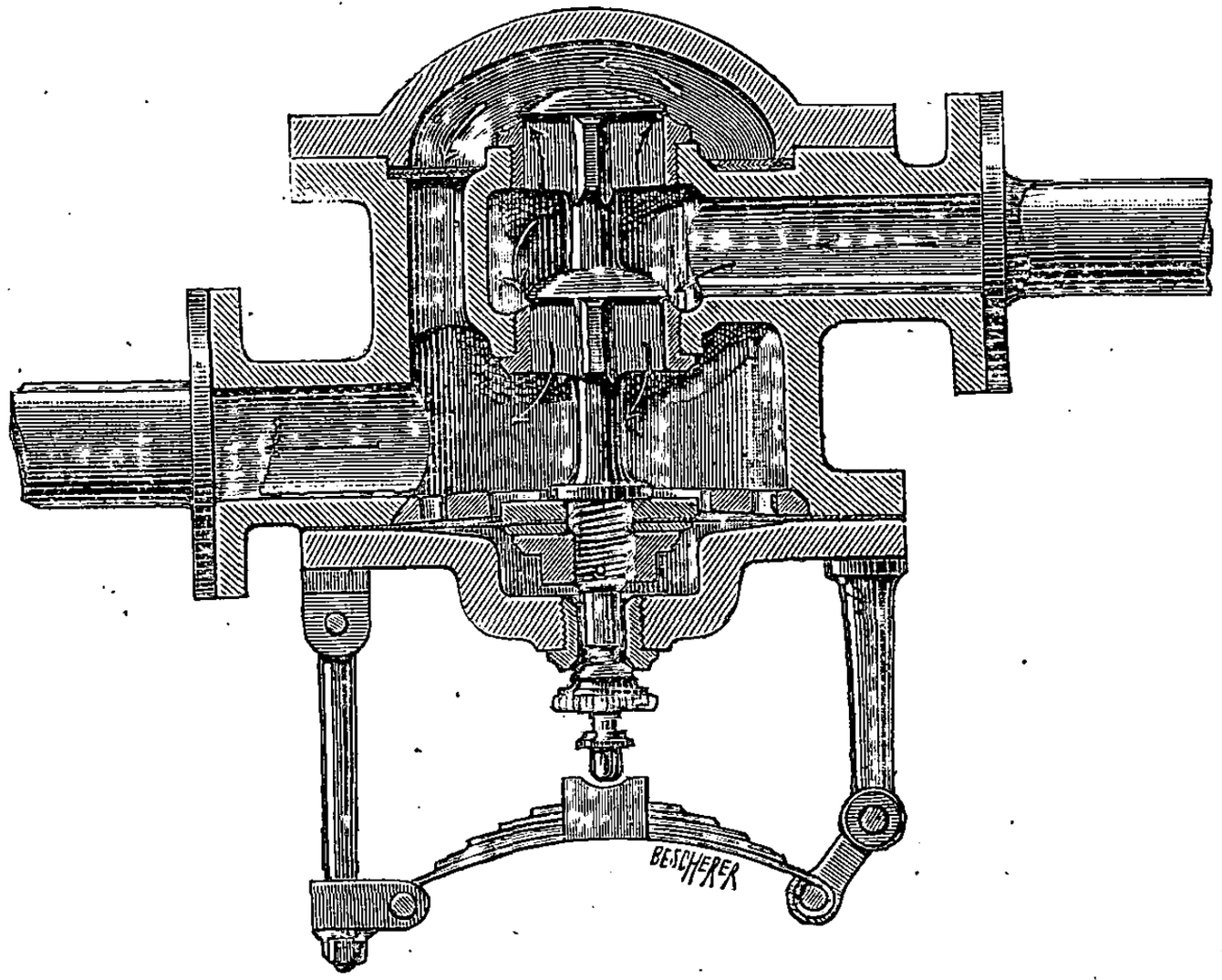


Fig. 47. — *Détendeur à ressort.*

tuyaux et dans les appareils vient à cesser subitement et qu'il se forme un vide résultant de la condensation de la vapeur, la pression extérieure pourrait déformer les tuyaux. C'est afin d'empêcher le vide de se produire qu'on dispose une soupape qui, restant fermée tant que la pression de la vapeur l'appuie sur son siège, s'ouvre au contraire sous l'effort de la pression atmosphérique dès que la pression intérieure s'abaisse au-dessous de celle-ci. L'air rentre alors librement dans les conduites et, l'équilibre s'établissant, il n'y a pas à craindre de déformations.

Poêle allemand. Pour terminer ce que nous avons à dire sur les poêles à vapeur, nous donnerons encore la description d'un appareil d'origine allemande, basé sur le principe des tuyaux à disques circulaires de MM. Sée. Ce poêle, dont les figures 48 et 49 représentent la vue de face, est formé d'éléments en fonte constituant chacun deux tuyaux en U accolés par leurs branches symétriques. Chaque élément constitue ainsi un double tuyau partant d'une bride centrale supérieure et aboutissant à une bride symétrique inférieure. Ces tuyaux sont garnis de disques augmentant la surface de chauffe. On assemble ces éléments par leurs brides, en nombre quelconque, suivant la surface de chauffe qu'on veut obtenir.

Le type que nous représentons ici est composé de deux éléments. On conçoit que pour augmenter à volonté la puissance de l'appareil, il suffit d'ajouter d'autres éléments semblables, en les superposant aux premiers, et les réunissant de la même façon.

La vapeur s'introduit par le tuyau E; l'eau sort par le tuyau S qui correspond au purgeur automatique dont nous avons déjà donné le dessin (fig. 42).

APPLICATIONS DU CHAUFFAGE PAR LA VAPEUR. L'examen des dispositions que nous venons de décrire nous indique assez clairement comment doit se faire l'installation d'un chauffage à vapeur pour un édifice quelconque. Les poêles, placés aux emplacements choisis à cet effet, peuvent être en

nombre quelconque, sur le parcours des conduites de distribution, avec lesquelles on les relie par un embranchement spécial.

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse de chauffer deux corps de bâtiments parallèles à plusieurs étages. Le générateur étant placé entre les deux, on en fait partir deux conduites allant à chaque bâtiment, et s'élevant, en colonne montante, jusqu'au dernier étage de chacun d'eux. On branche à chaque étage sur la colonne montante les tuyaux d'alimentation desservant les poêles, en ayant toujours soin d'établir ces tuyaux avec une pente descendante, pour ramener la condensation aux points destinés à la faire évacuer. Des robinets d'alimentation permettent d'ouvrir ou de fermer à volonté l'accès de la vapeur d'abord à tel ou tel étage, et pour chaque étage, à tel ou tel poêle qu'on voudra.

Les tuyaux de retour, dont le diamètre devra être au moins égal à celui des tuyaux de vapeur, se branchent eux-mêmes, comme les premiers, sur une conduite desservant chaque étage, et aboutissant à une colonne descendante qui est munie à sa base d'un purgeur automatique. Après sa sortie du purgeur, l'eau est ramenée à la bâche d'alimentation par un tuyau spécial.

Tel est, dans son ensemble, le principe fondamental d'une installation de chauffage à vapeur pour des édifices, des églises, des hôpitaux et autres grands établissements publics.

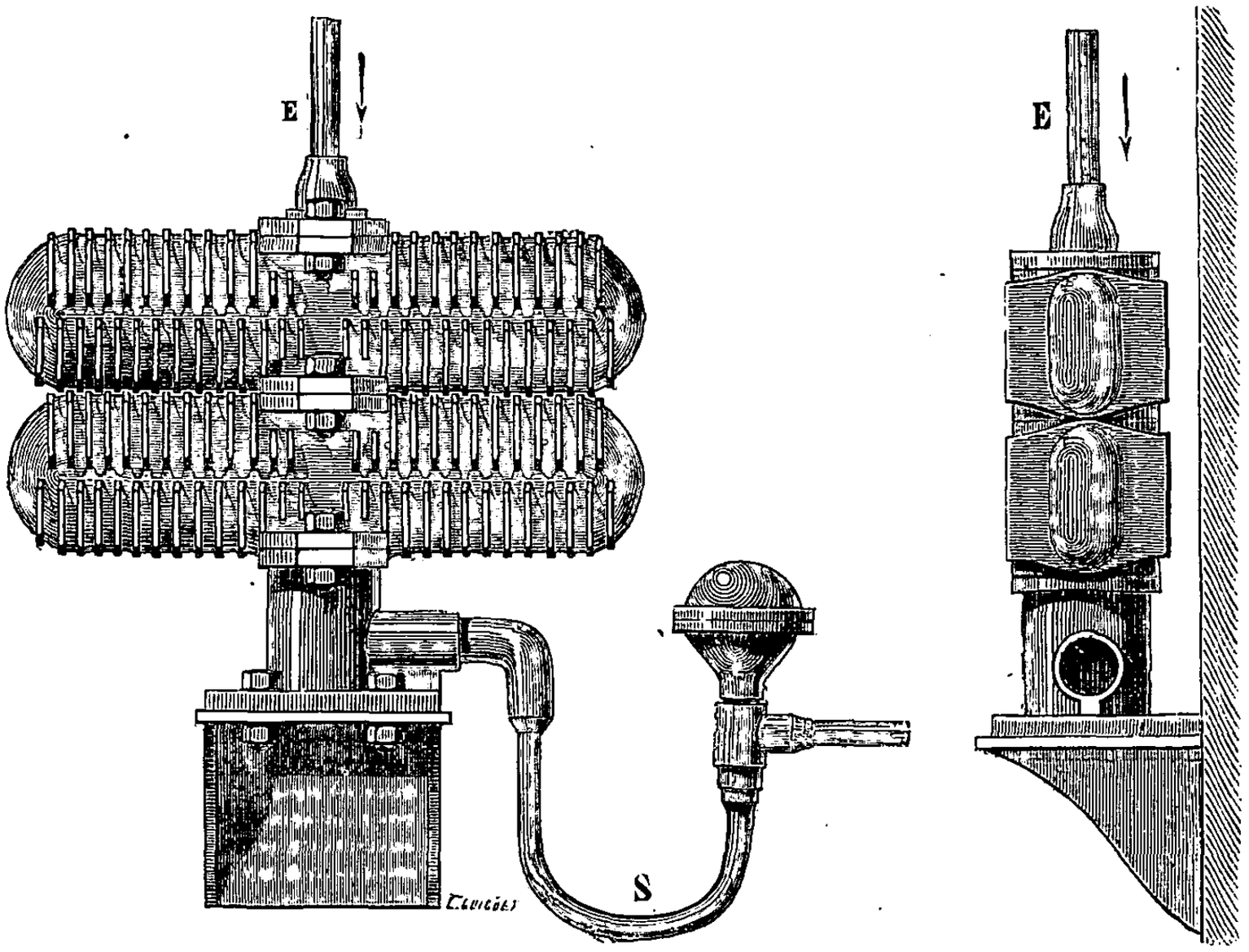


Fig. 48 et 49. — *Poêle à vapeur, système allemand.*

Nous avons vu comment on peut déterminer par le calcul la surface de chauffe à donner aux appareils pour obtenir un résultat déterminé. Mais, nous croyons devoir ajouter à ces renseignements une indication pratique : *un mètre carré de surface métallique chauffée intérieurement par la vapeur*, dans les conditions du dernier tableau qui montre la puissance de transmission de cette surface métallique, *suffit pour chauffer et maintenir à* 15° *une salle de* 65 *à* 70 *mètres cubes, ou un atelier de* 90 *à* 100 *mètres cubes de capacité*. Il faudra toutefois compter un peu plus de surface de chauffe si dans les parois du local à chauffer, les parties vitrées sont en proportion notablement plus grande que les murs pleins.

Exemple d'applications diverses. M. P. Grouvelle a été, en France, un de ceux qui ont le mieux fait apprécier les avantages du chauffage à vapeur. MM. Geneste et Herscher ont récemment apporté à cemode de chauffage des perfectionnements importants qui ont contribué à en faire adopter l'usage.

Chauffage de la prison cellulaire de Tours. Cette installation, faite par M. Jules Grouvelle, est un spécimen des plus simples et des plus économiques à imiter.

La prison comprend trois grands corps de bâtiments disposés en forme de T. Le générateur, placé vers le point central, distribue la vapeur à chaque corps de bâtiment par trois colonnes montantes qui s'élèvent verticalement jusqu'au-dessus du second étage de cellules, et qui aboutissent à un distributeur à tubulures d'où partent, en pente descendante, les tuyaux destinés à alimenter les appareils de chauffage des galeries et des cellules. Chaque branchement est pourvu d'un robinet d'arrêt pour permettre de l'isoler à volonté. Chaque étage est desservi par une conduite placée au-dessus des portes des cellules, dans la galerie où s'ouvrent toutes ces portes. La conduite est par conséquent à l'extérieur des cellules, dans les-

quelles pénètre seulement le branchement allant alimenter chaque poêle. Ces poêles sont en fonte, de forme cylindrique, frettés en haut et en bas par des cercles en fer; ils sont analogues à ceux que nous avons décrits (fig. 44). Ils contiennent une certaine quantité d'eau qui sert de réservoir de chaleur, et qui continue à en émettre une certaine quantité même après que la circulation de la vapeur a cessé. Un tuyau de retour partant de chaque poêle se branche sur une conduite spéciale à chaque bâtiment, qui vient elle-même aboutir à un purgeur automatique d'où l'eau s'échappe pour se rendre au réservoir d'alimentation. C'est dans ce réservoir que les injecteurs aspirent l'eau chaude pour l'introduire dans la chaudière.

Le chauffage s'effectue à basse pression, à une atmosphère au plus. La distribution de la vapeur se fait toujours en pente descendante de manière à ne pas avoir d'accumulation d'eau dans aucune partie des conduites. Toutes les précautions nécessaires ont été prises pour n'avoir à redouter ni excès de pression, ni rentrées d'air, ni condensation brusque produisant le vide.

Dans les cellules, le poêle est posé à l'angle opposé au pot de siège. La répartition de la chaleur se fait avec une régularité parfaite à tous les étages et en un point quelconque des galeries.

Chauffage du nouvel Hôtel de Ville de Paris. Cette importante installation exige une mention particulière. Comme il convient dans toute installation de chauffage à vapeur, les générateurs sont groupés dans un même local, ce qui en rend la conduite et la surveillance plus faciles. Ces générateurs sont du système inexplosible de Naeyer (1). — V. CHAUDIÈRE A VAPEUR.

Une fraction de la vapeur produite est distribuée dans les sous-sols, la plus grande partie est dirigée immédiatement vers les combles où elle forme un réseau horizontal de conduites maîtresses se développant sur toute la surface de l'édifice en contre-haut des locaux à desservir. Des embranchements verticaux partent de ce réseau, amènent la vapeur aux surfaces de chauffe directes établies dans les salles qu'il s'agit de chauffer.

Chaque poêle ou appareil de chauffe est pourvu d'un robinet d'entrée permettant de régler l'appareil et de faire varier son allure indépendamment de celle des autres. Des détendeurs, installés comme nous l'avons indiqué précédemment, permettent de limiter partout la pression à un ou deux dixièmes d'atmosphères. Des purgeurs automatiques évitent les pertes de vapeur et assurent dans toute l'étendue de l'édifice une distribution de calorique absolument uniforme et certaine.

Partout d'ailleurs, depuis les combles, la vapeur et l'eau condensée cheminent en descendant et ne donnent lieu nulle part, ni à ces conflits qui se constatent si souvent dans les circulations ordinaires, ni à ces poches d'eau qui activent l'usure des tuyaux et risquent même de provoquer leur rupture en temps de gelée, comme cela a trop souvent lieu dans les chauffages à eau chaude. Partout où on a pu le faire, les surfaces de chauffe sont installées dans les embrasures de fenêtres et d'une façon générale contre les parois refroidissantes.

Pour certains locaux qu'il est nécessaire de ventiler puissamment, l'installation des surfaces de chauffe a été faite dans les sous-sols de manière à permettre à l'air insufflé d'être introduit à la température convenable.

La ventilation de ces derniers locaux est produite mécaniquement par un certain nombre de ventilateurs, tandis que pour les bureaux, la ventilation se fait par simple différence de température, au moyen de prises amenant l'air pur du dehors au contact des surfaces de chauffe combinée avec le fonctionnement d'orifices d'évacuation multipliés dans toute l'étendue de l'édifice. Nous donnerons sur cette dernière partie de l'installation de plus amples détails à l'article VENTILATION.

Nous croyons inutile de multiplier les exemples. Ce que nous venons de dire sur les applications du chauffage par la vapeur montre suffisamment comment il se prête aisément aux grandes installations. Nous en étudions plus loin l'application aux établissements industriels.

Chauffage mixte par l'eau chaude et la vapeur. Pour des établissements importants où les locaux sont occupés d'une manière permanente, comme les hôpitaux ou les prisons, on se sert quelquefois d'un système mixte qui utilise la faculté qu'a la vapeur de transporter la chaleur à de grandes distances et en même temps la propriété que possèdent les poêles à eau chaude de faire réservoir de chaleur.

Ce système mixte a été imaginé en vue de rendre plus facilement indépendantes les surfaces de chauffe en même temps que pour remédier à l'inconvénient que présente le chauffage à eau de ne pas permettre des circuits dépassant 200 mètres environ.

C'est ainsi qu'à l'hôpital Lariboisière, des poêles à eau munis de tubes traversés par l'air de ventilation sont chauffés par une canalisation spéciale de vapeur Ici, la chaleur est transmise à travers une paroi métallique, tandis que dans les poêles Grouvelle, et dans ceux du système Goneste et Herscher que nous avons décrits au chapitre *chauffage à vapeur*, la vapeur arrive directement au contact de l'eau qui se trouve ainsi constamment renouvelée et entretenue sans exiger de surveillance. Du reste, bien que différents comme système, ces deux sortes d'appareils produisent des résultats analogues.

Le chauffage mixte par l'eau et la vapeur a permis dans certains cas, comme nous l'avons vu pour l'eau et la vapeur séparément, de recourir au chauffage indirect obtenu en faisant passer dans de véritables calorifères établis en sous-sol de l'air pris à l'extérieur et envoyé par des conduits de chaleur dans les locaux à desservir.

Ce système a été appliqué également à des

(1) A la suite du remarquable rapport fait au Conseil municipal par Viollet-le-Duc, notre regretté collaborateur, ce chauffage a été confié à MM. Geneste et Herscher.

appareils placés dans le local même à chauffer, le *poêle à vapeur et à eau chaude*, représenté (fig. 50) en est un exemple. Cette appareil dont les dispositions donnent un développement très grand à la surface de chauffe, produit des effets calorifiques remarquables; nous l'avons vu fonctionner avec succès notamment dans l'usine de MM. Colcombet frères, filateurs à Saint-Etienne.

Chauffage de la nouvelle préfecture de police. C'est par le système mixte à vapeur et eau chaude que M. Grouvelle fils a installé le chauffage de la nouvelle Préfecture de police, quai des Orfèvres, à Paris. Aucun tuyau, poêle ou appareil quelconque, ne devait être apparent dans les bureaux; ce programme a été rempli avec succès.

Chaque bureau est muni d'une cheminée, de sorte que l'appareil souterrain n'est destiné qu'à amener de l'air préalablement échauffé à une

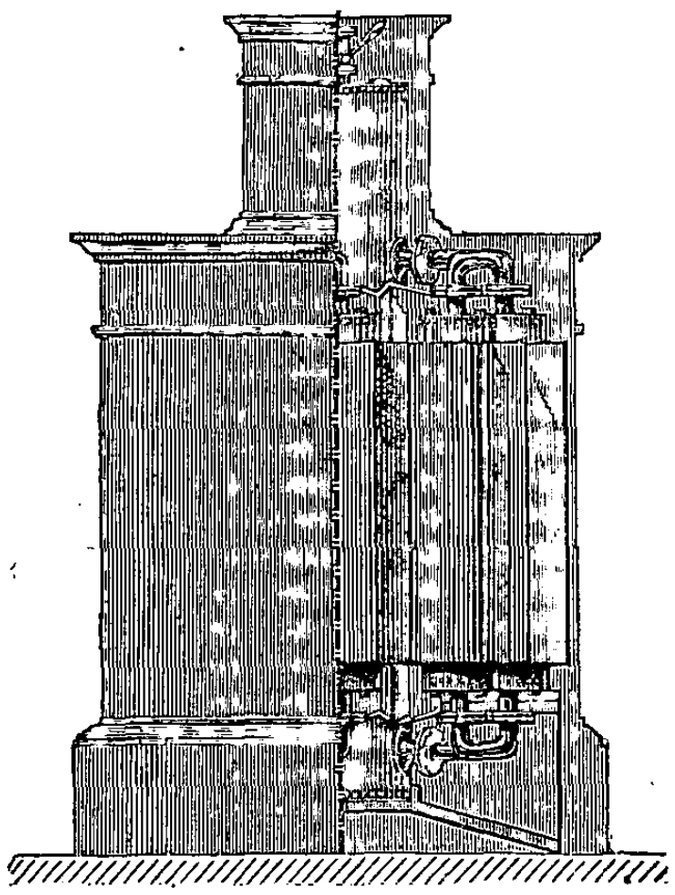


Fig. 50. — *Poêle à vapeur et à eau chaude, de M. Cuau aîné.*

température modérée, pour entretenir la ventilation et remplacer l'air entraîné par le tirage de la cheminée qui, par son foyer, produit un chauffage complémentaire en même temps que cette ventilation. Dans le sous-sol sont disposés les appareils à circulation d'eau, qui sont chauffés par la vapeur et qui sont formés de tuyaux en fonte superposés sur quatre rangs dans le sens vertical et sur trois et quatre rangs dans le sens horizontal. Ces jeux de tuyaux, enveloppés de cloisons en briques creuses, constituent des *calorifères à eau chaude*, du genre de ceux que nous avons précédemment décrits ; ils reçoivent par le bas de l'enveloppe en briques un courant d'air qui s'échauffe au contact des tuyaux de circulation, et qui se dégage ensuite à la partie supérieure de la chambre de chauffe, pour s'élever, au moyen des conduites ménagées dans les murs, aux divers étages à chauffer.

Chaque groupe de bureaux superposés est desservi par une section de tuyaux de chauffage ; et pour que la répartition du calorique soit aussi parfaite que possible, les sections sont rendues indépendantes les unes des autres au moyen de cloisons verticales ou briques.

L'introduction de la vapeur dans les récipients de chauffe se fait à la partie supérieure de ces appareils. La vapeur circule dans les serpentins placés à l'intérieur des récipients ; l'eau de condensation, sortant à la partie inférieure, se rassemble dans un réservoir où elle est puisée pour l'alimentation du générateur. Cette alimentation est effectuée par un petit cheval-alimentaire.

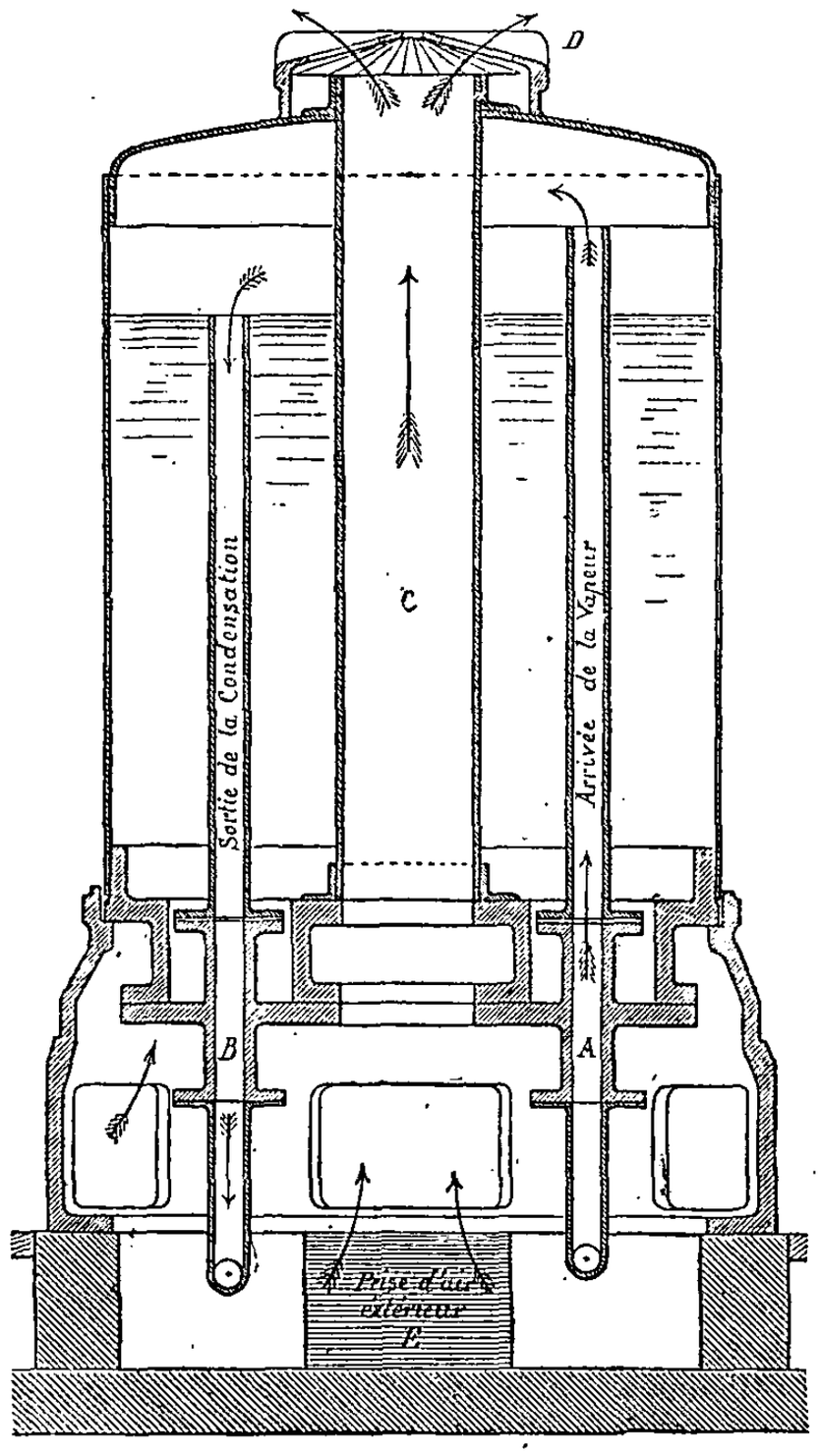


Fig. 51. — *Poêle à vapeur et à eau chaude.*

Les générateurs, se trouvant au-dessous du niveau des crues de la Seine, ont été placés dans des cuvelages étanches en fonte qui les mettent à l'abri des inondations.

Chauffage mixte, à vapeur et à eau chaude, pour la maison de correction de la Santé, à Paris.

Cette installation réunit toutes les dispositions les plus perfectionnées. La figure 51 montre en coupe verticale le poêle à eau chaude et à vapeur, que M. Grouvelle emploie dans les installations de ce genre pour combiner l'action du chauffage à vapeur avec l'action locale de l'échauffement de l'air dans la salle même à chauffer. Ou voit en E la prise d'air par laquelle s'introduit le courant qui traverse de bas en haut le tuyau central C, et qui, après s'être échauffé dans ce parcours, vient

déboucher par la couronne D qui forme la partie supérieure de l'appareil. L'ensemble de l'installation du chauffage mixte de la maison de correction de la Santé est représenté par la figure 52.

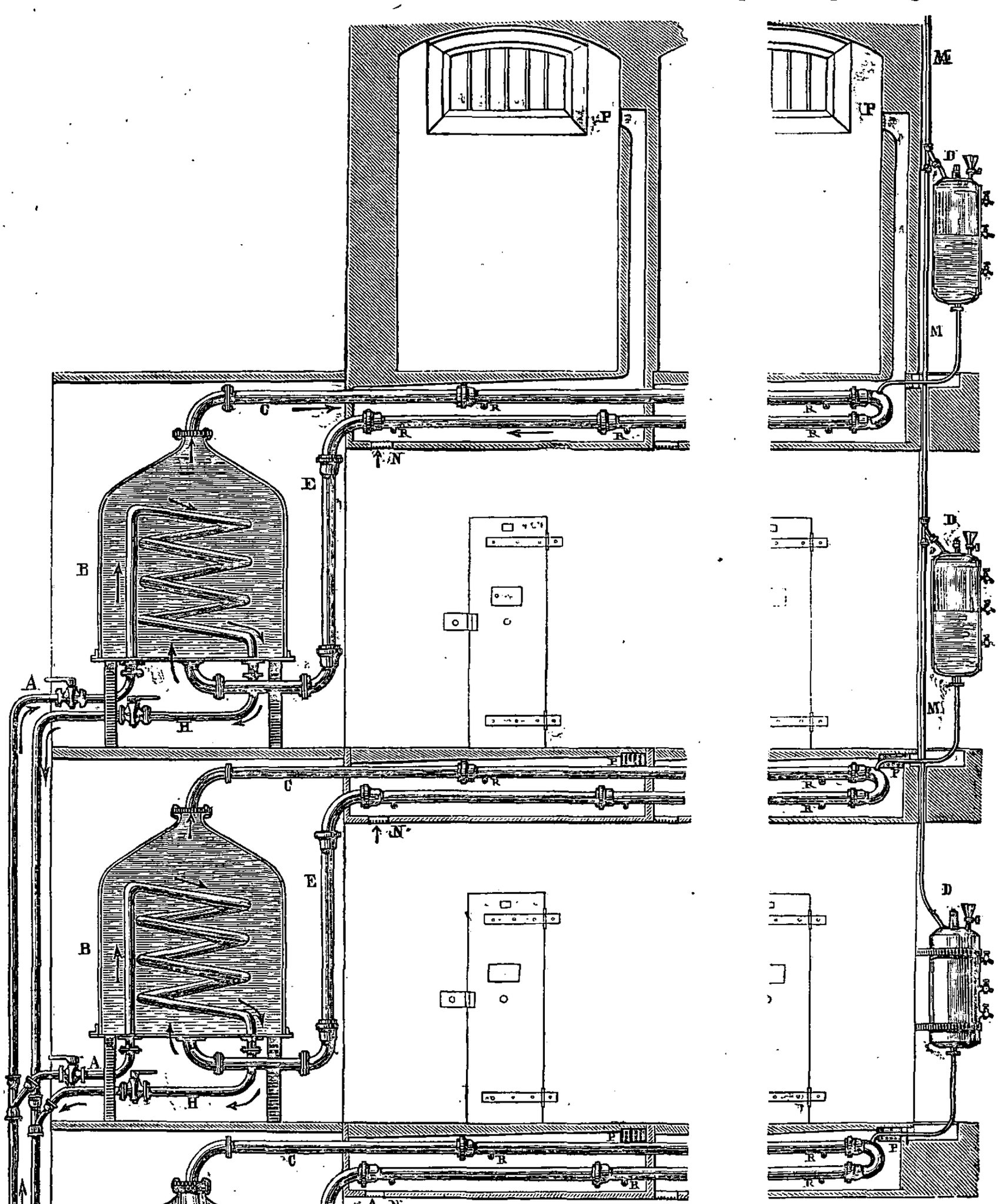


Fig. 52. — *Chauffage mixte, à vapeur et à eau chaude, de la maison de correction de la Santé, à Paris.*

On voit en A l'arrivée de la vapeur venant des générateurs installés dans le sous-sol. La figure représente trois des étages superposés desservis par le chauffage. En B, B, sont pour chaque étage, les vases chauffeurs ; les tuyaux C servant à la circulation de l'eau chaude ; en D on voit les vases d'expansion de chaque étage. Les tuyaux E sont destinés au retour de l'eau chaude qu'ils ramènent sous le fond des vases chauffeurs. En H se trouve le retour de l'eau de condensation ; le tuyau M sert à l'évacuation de l'air et de la vapeur qui se dégagent des vases d'expansion. Les tuyaux de chauffage sont supportés par des supports à galets R pour rendre leurs mouvements de dilatation entièrement libres.

On voit en N la prise d'air pour le chauffage de chaque cellule ; le courant d'air circulant autour des tuyaux d'eau chaude, auxquels il emprunte leur calorique, pénètre dans les cellules par le tuyau P pour le chauffage de chacune d'elles.

Hôpitaux de l'Hôtel-Dieu et de Ménilmontant. Une combinaison entièrement complète des trois systèmes de chauffage, où la vapeur, l'eau chaude et l'air chaud concourent ensemble aux résultats à obtenir, a été réalisée avec succès par M. Ser, aux hôpitaux de l'Hôtel-Dieu et de Ménilmontant.

Les appareils employés sont des calorifères à eau chaude chauffés par la vapeur. Ils se composent de tuyaux verticaux en fonte, de 0m,25 de diamètre, garnis extérieurement de nervures ; ils sont en communication entre eux par le haut et par le bas, de sorte que la circulation d'eau peut s'y établir facilement, comme on l'a vu dans les calorifères à vapeur et eau chaude de d'Hamelincourt, et de Cuau aîné que nous avons précédemment décrits.

Chaque groupe d'appareils comprend trois colonnes verticales ; la vapeur s'introduit dans celle du milieu, où elle parcourt un serpentin intérieur, en échauffant l'eau de cette première colonne, qui communique avec les deux autres par les tuyaux de raccordement.

Les groupes ainsi installés sont renfermés dans une enveloppe constituant la chambre de chauffe, à la partie inférieure de laquelle s'introduit l'air froid, amené par un conduit dont on règle à volonté l'ouverture au moyen d'une vanne. En s'élevant dans le coffre qui enveloppe les colonnes à nervures l'air s'échauffe et vient gagner l'orifice de sortie par lequel des conduits verticaux, disposés dans l'épaisseur des murailles, le distribuent aux diverses salles à chauffer. Des bouches de chaleur, analogues à celles qu'on emploie avec les calorifères ordinaires, répandent l'air échauffé à la température convenable pour maintenir une chaleur douce et régulière dans les chambres des malades.

Ce système de chauffage satisfait aux conditions hygiéniques qu'il importe de prendre en considération, surtout pour les hôpitaux. Il conserve à l'air sa pureté, en même temps qu'il procure le moyen d'obtenir une répartition uniforme et régulière de la chaleur dans toutes les parties de l'établissement où on veut appliquer le chauffage.

CHAUFFAGE INDUSTRIEL.

Pour donner à cette dénomination sa véritable signification nous devrions l'envisager au point de vue de toutes les applications de la chaleur aux besoins de l'industrie, en essayant de les résumer dans la classification suivante :

1° *Chauffage des solides :* fusion des minerais, des métaux ; grillage des pyrites ; distillation par voie sèche des houilles, des schistes bitumineux, des corps gras ; carbonisation, calcination, incinération ; cuisson de la chaux ; fabrication de certains produits chimiques, etc ;

2° *Chauffage par rayonnement des solides :* fours de boulanger, de pâtisserie, etc.;

3° *Chauffage des liquides :* chaudières à vapeur, distillation, évaporation ; chauffage de l'eau, des bains de teinture ; blanchiment, blanchisseries, etc. ;

4° *Chauffage par bains métalliques :* pour distillation, vaporisation, etc. ;

5° *Chauffage par l'air chaud* pour ateliers, séchoirs, étuves ;

6° *Chauffage par combustion des gaz :* gazogènes et applications du gaz aux foyers au lieu de combustibles solides ;

7° *Chauffage par les liquides combustibles :* chauffage pour les huiles, les goudrons. etc. ;

8° *Chauffage par la vapeur :* soit à température moyenne, soit à vapeur surchauffée : ateliers, séchoirs, distillation des acides gras, des schistes, calcination des matières animales et végétales, etc.

Toutes les applications multiples de la chaleur énumérées ci-dessus, et toutes autres qui, bien que ne figurant pas dans cette nomenclature, s'y rattachent directement, seront traitées chacune au mot correspondant. Nous n'avons donc pas à nous y arrêter ici plus longtemps.

Mais si, au lieu d'envisager la question à un point de vue aussi général, nous la ramenons à l'étude spéciale du *chauffage des établissements industriels*, nous rentrons alors dans le domaine des applications du *chauffage proprement dit*, et nous allons passer succinctement en revue les moyens employés pour le réaliser d'une manière satisfaisante et pratique.

Les détails qui vont suivre sont empruntés en grande partie à une intéressante communication de MM. Sée frères, ingénieurs à Lille.

Dans l'industrie, pour le chauffage des ateliers, des séchoirs et autres applications analogues, on tend de plus en plus à remplacer les calorifères à air chaud et les appareils à circulation d'eau chaude par le *chauffage à la vapeur*. On emploie ce mode d'autant plus avantageusement qu'on dispose d'un générateur assez puissant pour alimenter simultanément les moteurs et le chauffage. Dans certains cas on a intérêt même à monter un générateur spécialement affecté au chauffage.

Les inconvénients des calorifères à air chaud sont nombreux : dangers d'incendie, et par conséquent élévation des primes d'assurance, risque de pertes ; impossibilité d'obtenir une température uniforme sur tous les points du local à chauffer ; altération de l'air par la production plus ou moins

considérable d'oxyde de carbone; entretien coûteux et surveillance plus difficile.

Le chauffage par circulation d'eau chaude a aussi ses inconvénients : il manque de puissance, et ne se prête pas aux cas qui exigent une température élevée; il peut donner lieu à des fuites qui occasionneraient des dégâts sur certaines marchandises en fabrication.

Le chauffage par la vapeur a l'avantage de coûter moins cher comme premier établissement; de ne présenter aucun danger d'incendie; de produire des températures égales sur les divers points des grands locaux; de pouvoir être gouverné par la manœuvre d'un simple robinet; d'être très économique comme dépense de combustible, surtout si l'on prend la vapeur sur une chaudière qui alimente une machine à vapeur.

Le chauffage à la vapeur peut s'appliquer à trois cas différents :

1° Chauffage des ateliers;
2° Chauffage des séchoirs;
3° Chauffage des étuves.

Toutefois, dans ces trois applications, les appareils ne diffèrent entre eux que par leurs proportions suivant le volume d'air à chauffer.

En étudiant la question du chauffage à vapeur au point de vue général, nous avons déjà dit qu'on pouvait chauffer un local quelconque, en y

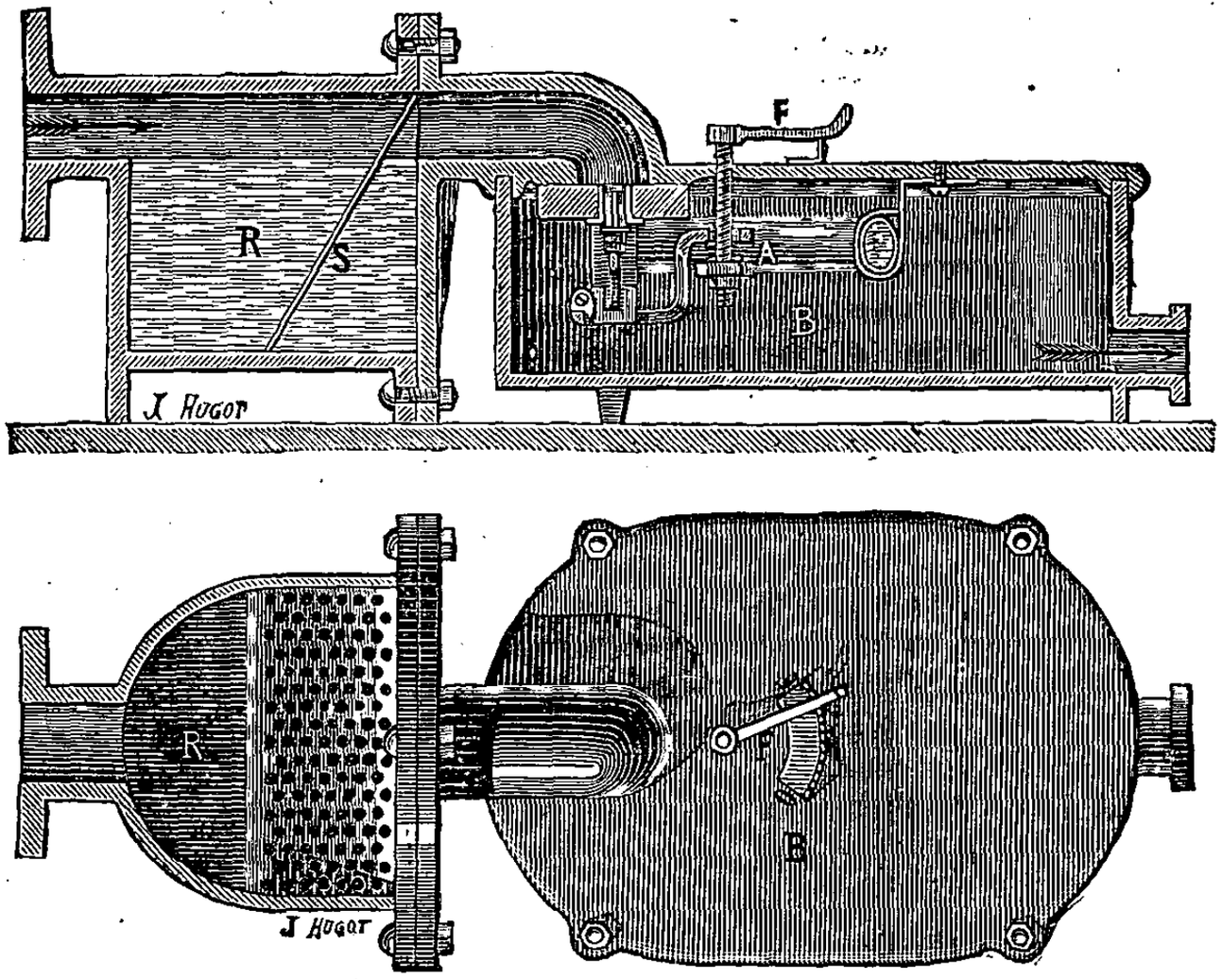


Fig. 53 et 54. — *Purgeur automatique de Heintz, appliqué au chauffage des ateliers.*

installant des tuyaux dans lesquels circule de la vapeur d'eau qui, en se condensant, abandonne au profit du local à chauffer la plus grande partie de son calorique. Il suffit pour cela, nous le savons déjà, de faire circuler la vapeur dans un réseau de tuyaux terminé par un *purgeur* qui règle automatiquement l'échappement de l'eau sans laisser sortir de vapeur vive.

Indépendamment des types de purgeurs déjà décrits pour le chauffage à vapeur, nous allons faire connaître celui de Heintz, qui mérite d'être cité au nombre de ceux qui semblent les plus propres à donner de bons résultats. Cet appareil est représenté par les figures 53 et 54.

Ce système est basé sur la dilatation d'un tube métallique A, genre manomètre Bourdon, fermé hermétiquement et agissant sous l'influence d'un liquide spécial qui s'y trouve renfermé et extrêmement sensible à la chaleur du milieu dans lequel il est placé, c'est-à-dire celle que contient le récipient B.

Par sa dilatation, ce tube actionne plus ou moins deux leviers réglant l'ouverture d'une soupape d'évacuation C. Une poignée F tournant sur un secteur denté sert à régler l'action du tube métallique et permet la sortie de la condensation à une température plus ou moins grande.

L'entrée de la condensation se fait dans un avant-corps R du récipient, dans lequel se trouve un filtre S retenant les ordures qui pourraient nuire au bon fonctionnement de l'appareil. La sortie se fait à l'opposé et dans le bas du récipient B.

Le peu de volume de cet appareil, dont la longueur n'est que de 0,280 à 0,700, et la largeur de de 0,220 à 0,340 du plus petit au plus grand, permet d'en faire l'application facile, dans tous les cas, où il y a une purge de condensation à faire.

Ce système supprime l'application des robinets de purge d'air et des reniflards.

La tête de la vis F porte un levier de réglage glissant sur un demi-cercle, ayant plusieurs crans d'arrêt lui servant de repos, suivant le degré d'ouverture à donner à la soupape d'évacuation. A un bout du demi-cercle se trouve la lettre O, voulant dire *ouvert;* à l'autre, celle F indiquant *fermé.*

Lorsque le levier est placé au milieu du demi-cercle, le purgeur est réglé pour l'évacuation de l'eau à la température moyenne de 100°. Si le levier est tourné vers la lettre O, l'eau s'échappe avec mélange de vapeur; si l'on tourne le levier vers la lettre F, l'écoulement est le même, seulement plus refroidi.

Dans certains cas, quand le chauffage est placé à un niveau assez élevé au-dessus des chaudières, on peut faire retourner l'eau de condensation dans la chaudière. Pour obtenir ce résultat on place sur le tuyau de retour une soupape de retenue et un tuyau plongeur qui pénètre dans le générateur de façon à plonger dans l'eau d'au moins 10 centimètres.

Nous avons déjà expliqué, en étudiant le chauffage à la vapeur, la disposition des tuyaux, la manière de faire les joints, d'assurer leur étanchéité. Nous avons aussi parlé des surfaces de chauffe et nous avons décrit le genre de tuyaux imaginé à cet effet par MM. Sée (fig. 43).

Ces tuyaux à disques parallèles disposés sur leur longueur présentent, avons-nous dit, une surface plus considérable que les ailettes placées suivant les génératrices du cylindre. Aussi ces tuyaux sont-ils effectivement d'une grande efficacité sous le rapport de la quantité de vapeur condensée par heure et par unité de surface. Ce résultat est dû à ce que l'air circule autour de ces tuyaux avec une vitesse moindre qu'autour des tuyaux lisses, et qu'il se trouve par conséquent plus longtemps en contact avec les parois chaudes du métal.

L'on conçoit qu'en augmentant ainsi la surface de chauffe, on diminue dans la même proportion la longueur des tuyaux nécessaires, et les joints étant moins nombreux l'appareil est par cela même plus étanche et d'un entretien plus facile.

Des expériences récentes ont donné pour résultats les chiffres contenus dans le tableau suivant :

Température ambiante	Poids d'eau condensée par heure et par mètre carré de surface
10° centigrades	2k,66
15 —	2 56
20 —	2 50
25 —	2 41
30 —	2 33
35 —	2 25
40 —	2 16
45 —	2 08
50 —	2 00
55 —	1 90
60 —	1 80

D'après ce tableau, il suffit de savoir qu'elle quantité de chaleur est nécessaire pour chauffer un atelier à une température donnée, afin d'en conclure la surface de chauffe convenable pour obtenir le résultat voulu.

Nous savons déjà comment on calcule le nombre d'unités de chaleur nécessaires pour maintenir l'air d'une salle à une température déterminée. Ce que nous avons dit précédemment à ce sujet pour le chauffage des édifices s'applique également aux conditions à remplir pour le chauffage des établissements industriels.

La température extérieure, la forme, la nature et l'exposition des parois, l'orientation et l'altitude de l'atelier, le mode de ventilation, le nombre de portes et fenêtres; le nombre d'ouvriers occupés dans la salle à chauffer; la fréquence des entrées et des sorties, le mode d'éclairage et une foule d'autres circonstances doivent entrer en ligne de compte.

Aussi, pour chaque nature d'industrie, est-on arrivé à prendre des moyennes expérimentales.

Nous avons donné, au commencement de cette étude, les résultats numériques constatés par diverses expériences pour déterminer l'influence des parois, et nous avons indiqué dans un tableau spécial la quantité de calories perdue par heure et par mètre carré de parois suivant leur nature. L'ouverture et la fermeture des portes représentent de 0,25 à 0,50 0/0 de perte selon qu'il y a ou non des tambours protecteurs.

Le nombre d'ouvriers doit entrer en ligne de compte, en se basant sur la production d'environ 80 calories par heure et par personne. Le mode d'éclairage de l'atelier influe nécessairement aussi sur le chauffage. Si l'atelier est éclairé au gaz, on saura que chaque mètre cube de gaz développe par sa combustion 27,000 calories; la quantité de vapeur nécessaire pour le chauffage sera par conséquent beaucoup moindre durant la veillée que durant la journée.

Un local situé en contre-bas du sol et à l'abri du vent nécessitera moins de chauffage que s'il est construit sur une éminence et exposé aux vents. Si l'atelier à chauffer a dans ses faces de grandes parties vitrées, la déperdition devra être compensée par une plus grande surface de chauffe que dans un atelier construit en murs pleins.

Expérimentalement pour l'industrie on a adopté les moyennes suivantes qui répondent aux cas les plus fréquents et s'appliquent aux constructions ordinaires. Elles ne sont sujettes à variations que dans des cas exceptionnels; les chiffres qui en résultent sont applicables à des locaux bien clos, sans ventilations, c'est-à-dire au genre de bâtiments généralement employés dans un grand nombre d'industries diverses.

Surface de chauffe par mètre cube d'air à chauffer	Température exigée par les plus grands froids
0m2,010	10° centigrades
0.015	15 —
0.025	20 —
0.030	25 —
0.050	30 —
0.070	35 —
0.100	40 —
0.130	45 —
0.180	50 —
0.240	55 —
0.300	60 —
0.400	65 —
0.450	70 —
0.550	75 —
0.700	80 —
0.800	85 —
1.000	90 —

Dans les ateliers où il y a une ventilation, on tiendra compte du volume d'air introduit par elle pour augmenter, en conséquence, la surface de chauffe des appareils à vapeur.

Dans les établissements industriels, tout aussi bien que dans le chauffage d'un édifice, on doit

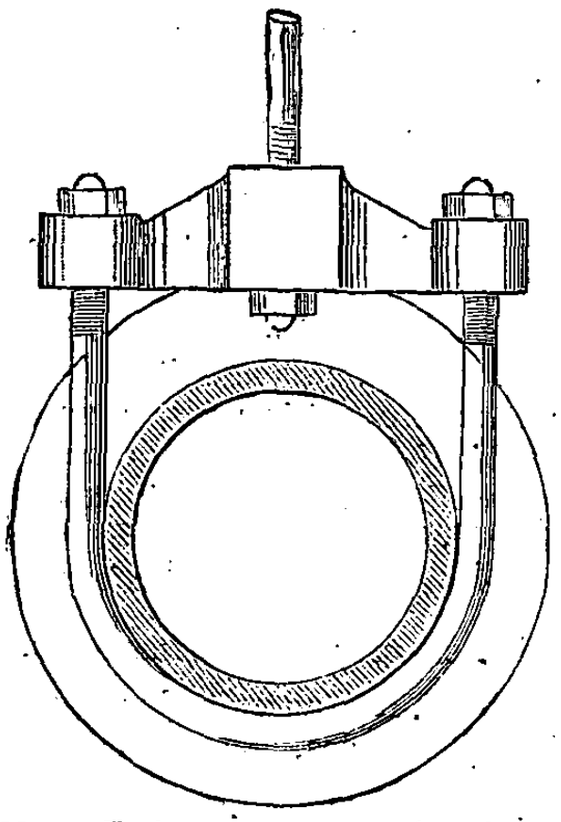


Fig. 55. — *Etrier pour suspension des tuyaux de vapeur en élévation.*

toujours s'attacher à remplir les conditions suivantes : avoir des joints hermétiques; disposer les tuyaux suivant des pentes bien réglées pour assurer l'écoulement de l'eau de condensation; les placer de telle façon que toutes les dilatations puissent se produire librement dans tout le parcours des conduites.

La pente qu'on donne aux tuyaux doit être au

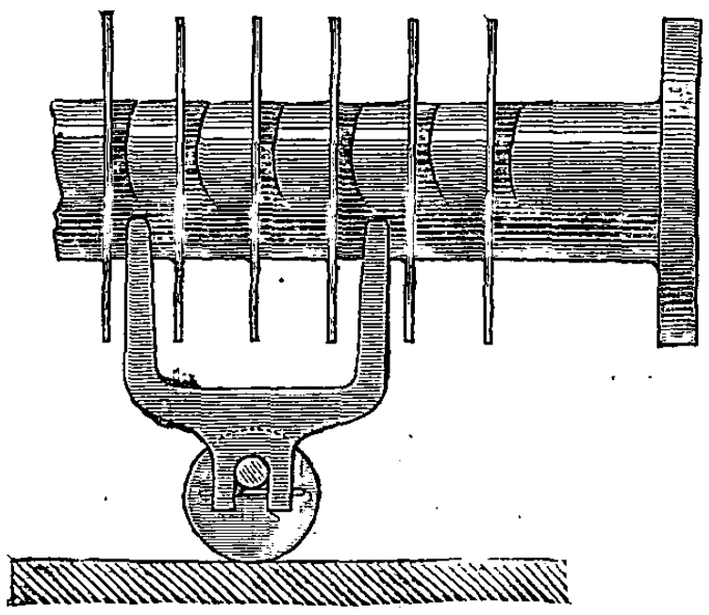


Fig. 56. — *Support mobile à galets pour tuyaux de vapeur sur plancher ou dans des caniveaux.*

minimum de 2 m/m 1/2 par mètre et peut atteindre 5m/m.

Il faut avoir soin d'éviter le défaut de rectitude dans les tuyaux car il y séjournerait de l'eau qui pourrait y produire des coups de bélier, et par conséquent occasionner des ruptures ou des fuites.

Les tuyaux de chauffage peuvent être placés de diverses manières : 1° suspendus aux poutres du plancher supérieur ou aux pièces de la toiture; 2° posés sur consoles appliquées aux colonnes portant le plafond ou le comble; 3° placés sur des supports à rouleaux sur le plancher; 4° montés le long des murs en contournant les salles; 5° posés sur des supports à galets, ou suspendus au moyen d'étriers dans des caniveaux pratiqués dans le sol. Ces caniveaux sont ordinairement recouverts de plaques en fonte avec dessins à jour. Les figures 55 et 56 représentent deux des diverses sortes de supports qu'on emploie le plus souvent.

L'étrier (fig. 55) est celui qui convient au cas où les tuyaux sont suspendus; on accroche la tringle dans un piton, ou une plaque à œillet, fixés aux poutres d'un plancher; quelquefois on l'accroche à une console fixée à une colonne en fonte ou en bois. Le support (fig. 56) est employé ordinairement dans les séchoirs où les tuyaux se posent à terre.

Lorsqu'il s'agit de produire en même lemps le chauffage et la ventilation, on peut placer des tuyaux de vapeur dans une chambre spéciale où se produit l'air chaud. On a soin alors de faire circuler l'air en sens inverse de la vapeur afin d'obtenir une circulation méthodique et autant que possible automatique. La vapeur est ainsi l'agent calorifique pour échauffer l'air de la cheminée d'appel qui détermine le courant plus ou moins actif sous l'influence duquel se produit la ventilation.

Le chauffage à vapeur appliqué aux établissements industriels a donné une économie qui s'est élevée jusqu'à 25 0/0 des autres modes de chauffage. Le meilleur rendement correspond au cas où les tuyaux sont suspendus, et aussi isolés que possible, tandis que lorsqu'ils sont engagés dans des caniveaux, il y a toujours une perte par conductibilité aux points de contact trop nombreux des tuyaux avec les matières qui les touchent.

En somme, on doit reconnaître qu'un chauffage à vapeur bien établi est le système le plus avantageux pour chauffer les établissements industriels, sous le rapport de l'économie, de la sécurité pour l'incendie, de la propreté et de la salubrité des ateliers. — G. J.

CHAUFFAGE AU GAZ.

L'emploi des gaz combustibles pour le chauffage remonte aussi loin que la découverte du gaz d'éclairage. Philippe Lebon signale le fait dans son brevet d'invention.

Depuis un certain nombre d'années, le gaz est employé, soit pour le chauffage industriel, soit pour le chauffage domestique.

Dans le chauffage industriel, les gaz sont obtenus dans un appareil appelé *gazogène;* ils sont ensuite amenés dans le foyer où on utilise leur effet calorifique en les mélangeant à l'air. Ce chauffage donne des résultats remarquables, tant au point de vue économique, qu'au point de vue de la température élevée que l'on obtient. Le chauffage par les gazogènes s'applique avec succès aux opérations métallurgiques, aux verreries, à la cuisson des produits céramiques, etc. — V. Gazogène.

Dans le chauffage domestique, le gaz est em-

ployé comme source de chaleur, pour la cuisine, le chauffage des appartements. Allumage et extinction rapides, propreté, emploi facile en différents points à l'aide de simples tuyaux en caoutchouc; tels sont les avantages de l'emploi du gaz.

CHAUFFAGE DES VOITURES DE CHEMINS DE FER

Le chauffage des voitures à voyageurs a toujours éveillé la sollicitude des administrations de chemins de fer. Une quantité considérable de systèmes ont été proposés par les inventeurs. Afin de ne pas dépasser le cadre de nos articles, nous ne nous occuperons que de ceux qui ont donné lieu à des applications dans les principales compagnies de l'Europe et des Etats-Unis.

Dans les régions septentrionales, le chauffage des trains a une importance de premier ordre; et l'on conçoit que les moyens employés dans ces contrées ne soient pas les mêmes que dans nos climats tempérés. Cependant les hivers atteignent quelquefois en France une intensité assez grande pour que l'on s'y préoccupe de la question. Le problème est complexe: le chauffage doit être suffisant sans excès, simple, régulier, rapide, hygiénique, dépourvu de dangers et aussi économique que possible.

M. Regray, ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de l'Est, a publié en 1876 (1), sur le *chauffage des voitures*, un travail considérable où tous les systèmes en usage en Europe à cette époque sont décrits et commentés avec la compétence de l'auteur.

Nous avons largement puisé dans ce document; nous avons en outre examiné quelques nouvelles applications connues à la fin de 1881. Nous offrons ainsi à nos lecteurs un traité sur le chauffage des voitures, dans sa forme la plus concise, mais la plus complète.

Nous diviserons les nombreux systèmes appliqués en 7 catégories : A *chauffage par les poêles;* B *chauffage par l'air chaud;* C *chauffage au moyen de briquettes ou combustibles agglomérés;* D *chauffage par la vapeur provenant soit de la locomotive, soit d'une chaudière spéciale placée au milieu du train;* E *et* E *bis chauffage par l'eau chaude circulant dans des appareils fixes ou apportée dans des bouillottes mobiles;* F *chauffage au moyen du gaz ou du pétrole;* G *chauffage au moyen de réactions chimiques.*

§ 1er. CHAUFFAGE EN ALLEMAGNE.

L'ouvrage de M. Regray traite du chauffage de 21 compagnies allemandes. En observant les catégories ci-dessus, les systèmes allemands se subdivisent suivant le tableau ci-après :

(1) P. Dupont, éd.

Chauffage du matériel allemand.

COMPAGNIES	Effectif des voitures	Kilomètres exploités	Poêles	Air chaud	Briquettes	VAPEUR		EAU CHAUDE		
						de la locomotive	d'une chaudière spéciale	Appareils fixes	Appareils mobiles	
			classe	classe	classe	classe	classe	classe	classe	
Berlin-Anhalt. . .	347	377.3	4e		1re, 2e, 3e					
Berlin-Postdam-Magdebourg. . .	304	268.5			toutes cl.					
Berg-Marche . . .	629	1.169.3	3e et 4e		1re, 2e					
Saarbrück.	188	165.2	4e et sal.		1re, 2e, 3e					
Rhein-Nahe . . .	47	121.6			1re. 2e, 3e					
Westphalie. . . .	180	395.7	3e et 4e		1re, 2e, 3e					
Hanovre.	772	839.9	3e et 4e		1re, 2e, 3e		essai aband.			
Alsace-Lorraine. .	776	1.035.9			1re, 2e, 3e					
Nassau.	341	257.7	3e et 4e		1re, 2e					
Mein-Weser. . .	181	198.8	3e et 4e		1re, 2e					
Cologne-Minden. .	418	1.066			1re, 2e, 3e					
Est bavarois. . . .	444	771.9				tous trains				
Etat bavarois . . .	1.376	2.487				trains expr.	trains ord.			
Est prussien. . . .	668	1.490	1re 2e 3e 4e			1re 2e 3e 4e				
Rhénans.	671	1.030	vag.- postes fourgons	essai	1re, 2e	lign. princ. 1re, 2e	trains dir.	un salon		Les 3e et 4e ne sont pas chauffées
Gr. duché de Bade	994	1.146	1re 2e et 3e	mixtes à l'essai	voit. mixtes		express et tr. de nuit		1re, 2e	
Wurtemberg . . .	677	1.260	toutes cl.	essai			voitures à compartim.			
Brunswick.	226	332			1re, 2e	essai aband.		essai	1re, 2e	
Saxon (Etat). . . .	988	993			3e, 4e		plusieurs trains		1re, 2e	
Berlin-Hambourg.	361	445			toutes cl.		express et postes			
Haute-Silésie . . .	594	1.437	3e, 4e, sal	toutes cl.	toutes cl.	express et poste			1re, 2e	

A. Chauffage au moyen des poêles. Ce mode convient particulièrement aux pays froids et aux caisses qui ne sont pas divisées en compartiments. C'est le moins coûteux des chauffages; mais il a l'inconvénient de laisser les pieds froids et de ne chauffer que les couches d'air voisines de la toiture. Il présente plus de dangers d'incendie que les autres systèmes. Il a aussi l'inconvénient de supprimer deux places de voyageurs; enfin, l'air chauffé provenant du compartiment finit par se vicier.

Voici les prix d'installation, dépenses de conduite et résultats calorifiques de ces appareils pour quelques-unes des compagnies qui les appliquent, tels qu'ils résultent des renseignements fournis par les directions ou par le congrès de Dusseldorf de septembre 1874.

COMPAGNIES	PRIX d'installation par voiture	DÉPENSE PAR HEURE-VOITURE pour une vitesse moyenne de 40 kilomètres		RÉSULTATS calorifiques
		Combustible	Totale	
Berlin-Anhalt.	93 fr. 75	»	»	»
Berg-Marche.	»	0f,0417 à 0f,052	»	»
Hanovre.	337 fr. 50	0f,078	»	»
Mein-Weser.	3e cl. 250 fr., 4e cl. 212 fr. 50	0f,184	»	+ 10°
Rhénans (fourgons).	120 fr.	0f,05208 à 0f,0625	»	»
Haute-Silésie (4e classe). . . .	300 fr.	»	»	»
Résumé.	93 fr. 75 à 337 fr. 50	0f,0417 à 0f,184	»	+ 10°

Chauffage au poêle du Hanovre. Description. Les 3e et 4e classes sont chauffées par un poêle rectangulaire en fonte placé au milieu de la voiture. Ce

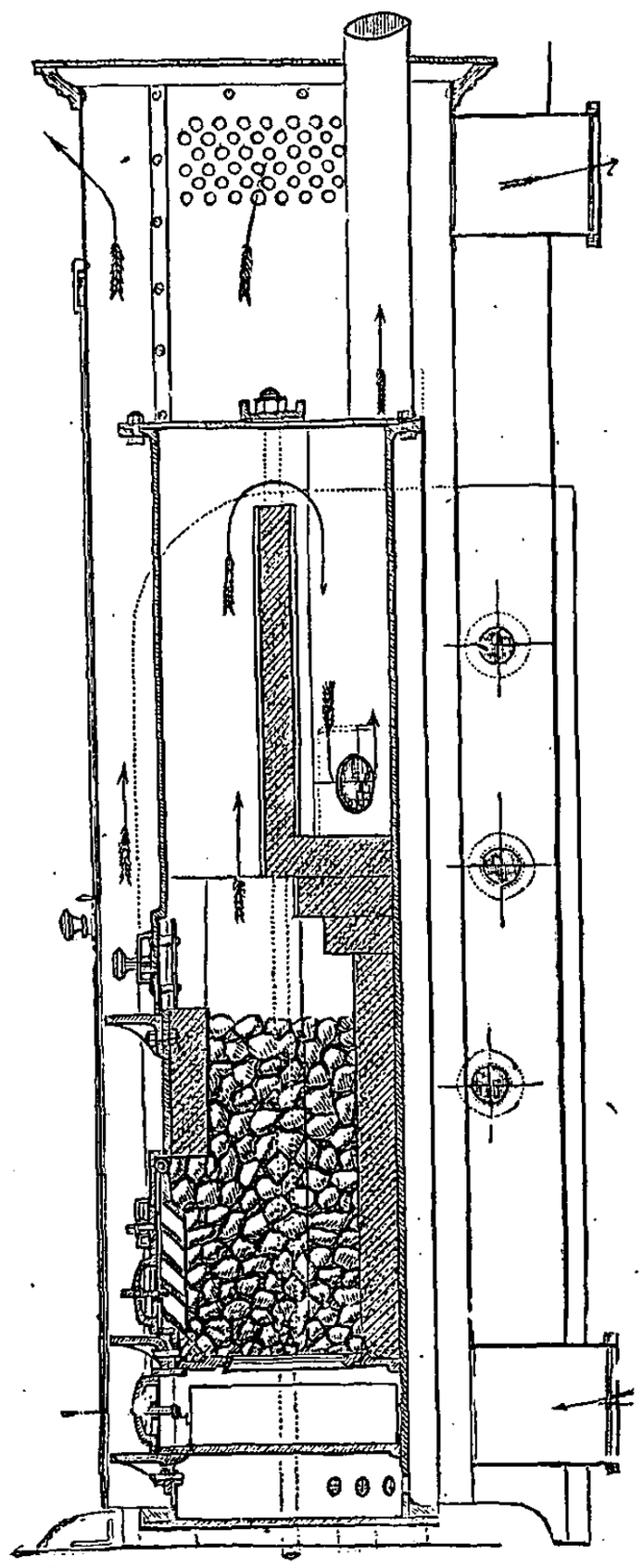


Fig. 57. — *Chemin de fer du Hanovre.*

poêle est composé de 6 plaques boulonnées ensemble. La face antérieure est percée de 3 portes pour le chargement, le foyer et le cendrier. La porte du foyer est doublée d'une grille verticale à barreaux inclinés. La porte du foyer et celle du cendrier sont munies d'une soupape de réglage. Au-dessous de la porte de chargement le poêle est garni intérieurement de terre réfractaire. La partie supérieure du coffre est divisée en 2 compartiments par une cloison réfractaire verticale qui force la fumée à redescendre pour s'échapper à l'extérieur par le tuyau placé au-dessus de la toiture (fig. 57 et 58).

Le poêle est enveloppé d'un manteau supporté par des équerres à 0m,50 du plancher. C'est par cet intervalle que s'introduit l'air froid de la voiture qui s'échauffe en montant jusqu'à 3 bouches de chaleur placées au haut du manteau sur les faces latérales et antérieure. Une porte est pratiquée dans le manteau, en face des 3 portes du poêle pour en permettre la manœuvre.

Le compartiment où est placé le poêle communique avec la chambre de chaleur par 2 tubulures, l'une inférieure et l'autre supérieure pour établir le circuit d'air. Les autres compartiments sont chauffés au moyen d'un circuit d'air passant soit sous la banquette, soit par-dessus le dossier des cloisons.

Un seul chargement suffit pour chauffer pendant 3 à 4 heures.

B. **Chauffage par l'air chaud.** Ce genre de chauffage n'a été réalisé jusqu'à présent en Allemagne qu'au moyen de l'appareil Thamm et Rothmüller que nous examinerons plus loin en traitant des procédés du Sud de l'Autriche, et qui a été appliqué aux chemins de l'État de Bade sur des voitures mixtes et à quelques voitures du chemin de la Haute-Silésie.

Les résultats n'ont pas été en général aussi satisfaisants que ceux des autres procédés. Cependant la direction de Bade, dont l'appareil coûte par voiture 715 francs, signale un résultat calorifique de 18° 75 à 25° au-dessus de la température extérieure.

C. **Chauffage par les briquettes ou combustibles agglomérés.** Les appareils à combustibles agglomérés sont appliqués dans presque toutes les compagnies allemandes aux voitures à compartiments, et principalement aux 1re et 2e classes. C'est le plus coûteux des procédés employés, et ce n'est pas le moins dangereux et le

moins compliqué en raison des émanations méphitiques que laissent passer les moindres fissures des appareils, de l'introduction des charbons enflammés dans la voiture et des soins minutieux de l'allumage.

Cependant ce mode de chauffage procède de bas en haut, chauffe principalement les pieds et les jambes des voyageurs et distribue une chaleur assez égale. Aussi les ingénieurs allemands ont-ils apporté à la construction de ces appareils un soin

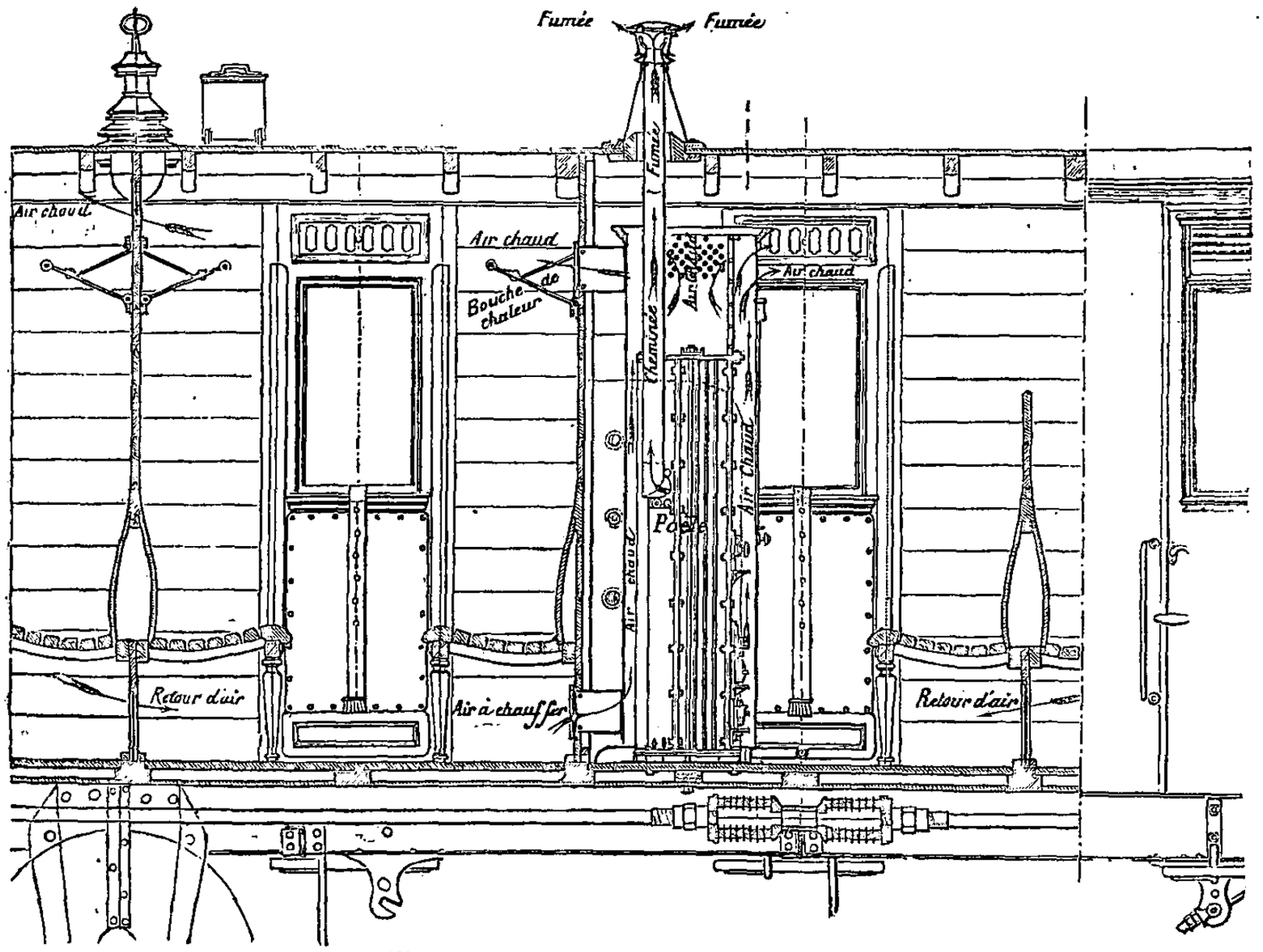


Fig. 58. — *Chemin de fer du Hanovre.*

particulier qui a été la cause principale de sa réussite.

Le tableau ci-dessous indique, d'après les renseignements des compagnies, la dépense et les résultats calorifiques de ce chauffage dans quelques administrations.

COMPAGNIES	PRIX D'INSTALLATION par compartiment	PRIX du *combustible* les 100 kilogr.	DÉPENSE PAR HEURE-VOITURE pour une vitesse de 40 kilom.		RÉSULTAT calorifique
			Combustible	Totale	
Berlin-Anhalt.	1re, 2e cl. 112 fr. 50; 3e cl. 75 fr.	37f,50	0f,3824	0f,50	12° à 15°
Berlin-Postdam-Magdebourg.	1re, 2e cl. 137 fr. 65; 3e cl. 114 fr. 30; 4e cl. double compart. 117 fr. 30.	31f,25	0f,40		15°
Berg-Marche	mêmes prix que ci-dessus.	22f,50	0f,3125		20° à 22°,5
Westphalie	— —			0f,48	12°,5
Hanovre.	210 fr. à 220 fr.	33f,15	0f,52		14° à 18°
Alsace-Lorraine. . . .	»	37f,50	0f,50	0f,65	13°
Main-Weser.	1re et 2e cl. 142 fr. 50	43f,75	0f,531		10°
Rhénans.	sous les sièges 150 fr.	21f,25	0f,1875		
Rhénans.	entre les sièges 178 fr. 125	21f,25	0f,1875		
Etat de Bade.	150 fr.		0f,53		15° à 18°,75
Brunswick.	157 fr. 50	30f	0f,40 à 0f,80		12°,5
Berlin-Hambourg. . .	1re, 2e cl. 125 fr.; 3e, 4e cl. 112 fr. 50	37f,50	0f,368		
Résumé	112 fr. 50 à 178 fr. 125	21.25 à 37.50	0f,1875 à 0f,80	0f,48 à 0f,65	10° à 22°,5

1° *Berlin-Anhalt.* (Chauffage des 1re, 2e et 3e classes). Dans chaque compartiment, l'un des sièges est garni, en dessous, d'un grillage à travers lequel pénètre l'air échauffé par sa circulation entre des écrans en tôle et deux caisses étanches également en tôle, couchées bout à bout de manière à occuper toute la longueur du siège. Dans ces deux caisses brûlent lentement des briquettes rectangulaires de 90m/m,60 composées de charbon de bois pulvérisé et de nitre, contenues dans

un panier en fil de fer. Ce panier repose sur un tiroir que l'on introduit du dehors par une

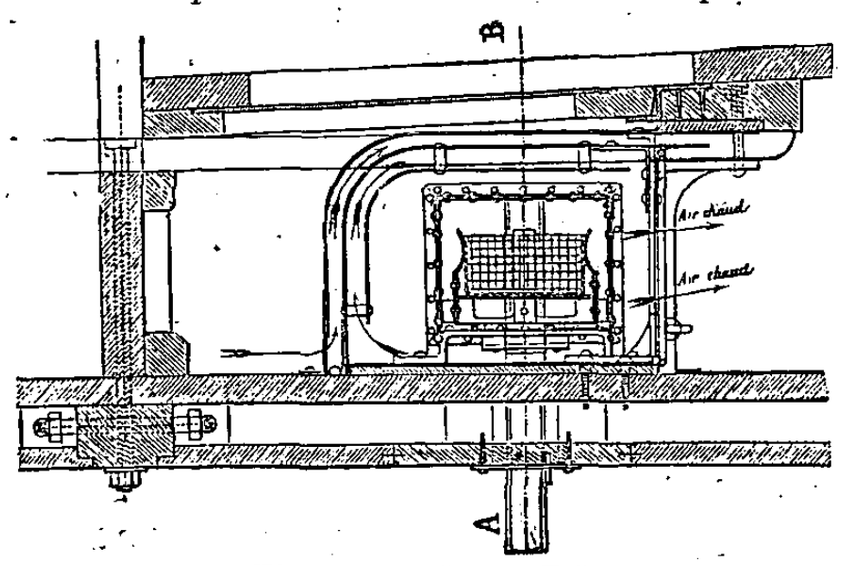


Fig. 59. — *Coupe EF.*

porte s'ouvrant dans la paroi de la voiture (fig. 59 et 60).

L'air nécessaire à la combustion pénètre par des fentes pratiquées dans un tuyau vertical perçant le plancher vers le milieu de la voiture. Le gaz de la combustion s'échappe par la porte d'introduction du tiroir au moyen de deux rangées de trous dont on règle en partie le tirage au moyen d'un registre.

Dans les 1re et 2e classes une couche de terre réfractaire de sécurité couvre le plancher, et les écrans sont au nombre de trois. Dans les 3e classes la couche réfractaire est supprimée, et l'écran est une simple feuille de tôle. Le nombre des appareils par compartiment est le même pour les trois classes.

La briquette pesant 350 à 400 grammes brûle pendant 4 à 5 heures ; celle de 800 à 900 grammes dure environ 10 heures.

3° *Chemins de fer de Westphalie.* Ce chauffage se distingue de celui du Berlin-Anhalt en ce que l'air de la combustion s'introduit par chaque porte au moyen d'une manche à vent et ne s'échappe sous

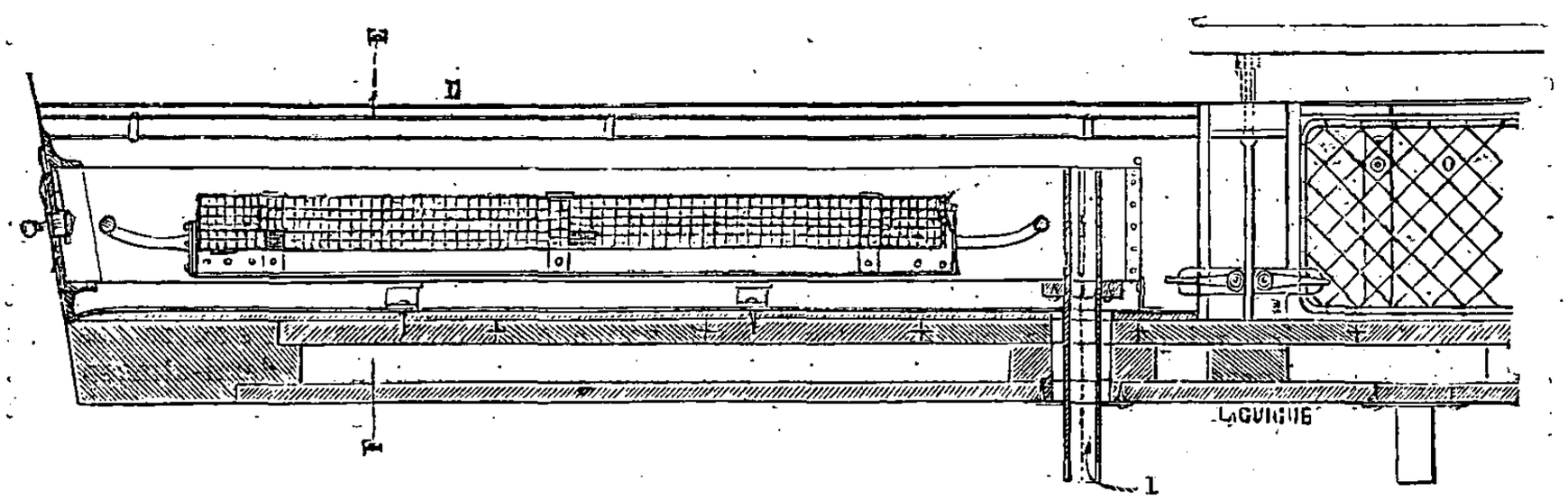


Fig. 60. — *Chauffage par le combustible aggloméré (Berlin-Anhalt). Coupe A B.*

la voiture qu'après avoir parcouru un tuyau horizontal de 1 mètre de long, lequel concourt au chauffage du compartiment (fig. 61 et 62).

Chemins de fer de l'Etat de Hanovre. Les 1re, les 2e classes et quelques voitures de 3e classe sont chauffées par le combustible aggloméré. L'air chaud afflue dans le compartiment par une chambre enveloppant l'appareil chauffeur et formée par l'enveloppe en tôle de cet appareil et un double écran également en tôle.

Chemins rhénans. Depuis 1870 les Chemins rhénans adoptent d'une façon générale le chauffage

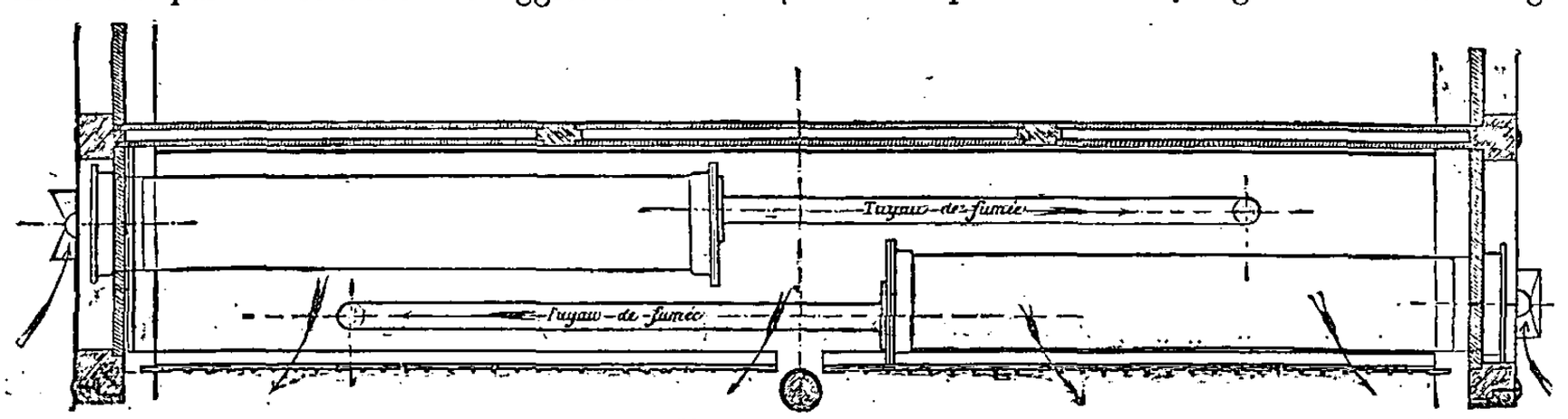


Fig. 61. — *Plan.*

au moyen d'appareils à combustibles agglomérés, montés soit sous les sièges, soit au niveau du plancher quand la disposition des voitures le permet.

La Compagnie préfère les appareils montés sous le plancher en raison de l'égalité de la température obtenue ; mais elle a constaté qu'ils ont quelquefois été dérangés et ont *mis le feu à la voiture.*

D. **Chauffage par la vapeur.** Ce chauffage n'est appliqué d'une façon générale que sur le réseau de l'Est bavarois et de l'Etat bavarois.

L'Est prussien applique la vapeur au chauffage des trains des lignes principales. Les chemins rhénans ont disposé la canalisation à vapeur aux voitures qui traversent les lignes bavaroises. Les autres compagnies qui font de la vapeur une application restreinte sont celles de l'État de Bade, du Wurtemberg, de Saxe, du Berlin-Hambourg et de la Haute-Silésie.

Les chemins du Hanovre et de Brunswick ont dû y renoncer après essai.

Les particularités désavantageuses que présente

ce chauffage sont d'exiger une jonction spéciale des voitures, de gêner et souvent d'empêcher l'échange du matériel, de ne pouvoir chauffer suffisamment qu'un nombre très restreint de voitures, de donner lieu à des accidents de fuite et d'engorgement des tuyaux, et enfin de diminuer la puissance de traction des locomotives si on leur emprunte la vapeur du chauffage.

Renseignements de prix et de résultats calorifiques.

COMPAGNIES	PRIX d'installation par voiture	DÉPENSE PAR HEURE-VOITURE à la vitesse de 40 kilom.		RÉSULTAT calorifique
		Combustible	Totale	
Est bavarois annexé à l'Etat de Bavière par locomotive.	mixte 1re, 2e cl., 4 compartiments. 790 fr. locomotive et tender. . . . 500 à 600 fr.	0f,06		22°,5
Etat bavarois par locomotive et par chaudière spéciale.	mixte 2e cl. à 4 compartiments. . 625 fr. 3e cl. à 5 compartiments . . . . . 508 fr. — à 4 — . . . . . 458 fr. chaudière et fourgon. . . . . 2526 fr.	0f,06	0f,2116	15° à 18°
Est prussien par locomotive et par chaudière spéciale.	1re cl. 4 comp. 750 fr., 3e cl. 5 comp. 687 fr. 2e — 5 — 719 fr., 4e — 575 fr.	0f,06	0f,25 à 0f,30	12° à 15°

Le chauffage à la vapeur a été étudié avec beaucoup de soins sur les chemins de Bavière et de l'Est prussien. Nous en décrirons sommairement les dispositions.

Est Bavarois annexé à l'Etat. Depuis 1873-1874 le chauffage à la vapeur empruntée à la locomotive est exclusivement employé; la direction et le public s'en déclarent satisfaits à tous les points de vue. Les trains mixtes seuls ne sont pas chauffés, les voitures étant réglementairement placées en queue (fig. 63 et 64).

Sous chaque banquette de 1re et de 2e classe et sous l'une des deux banquettes des voitures de 3e classe sont couchés deux tuyaux métalliques, communiquant par des branchements à la conduite générale de vapeur qui passe sous les châssis depuis la locomotive jusqu'en dehors de la dernière voiture.

Les raccords placés entre les voitures se vissent à une soupape automatique qui s'ouvre dès que la pression est *au-dessous* d'une demi-atmosphère. La conduite se termine par un robinet vissé à

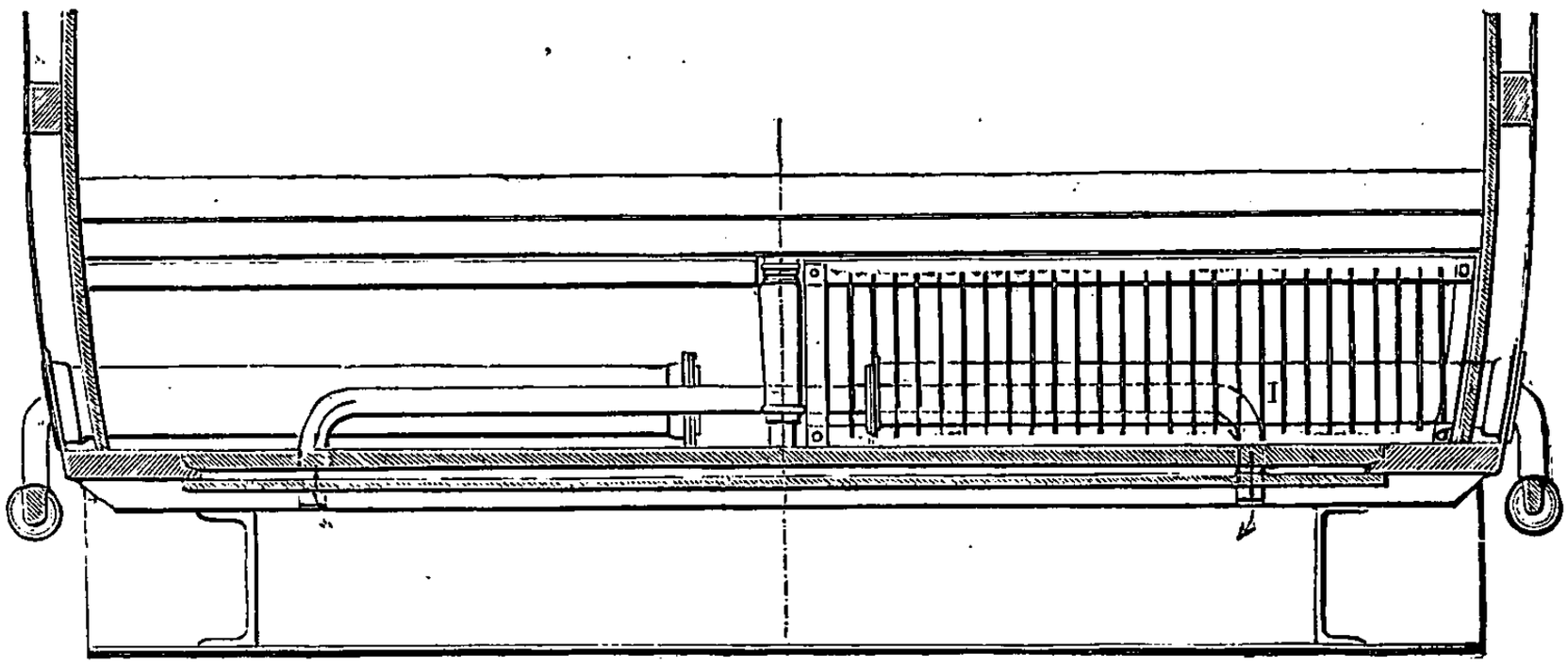


Fig. 62. — *Chauffage par le combustible aggloméré (Westphalie). Vue et coupe transversales.*

l'extrémité du raccord de la dernière voiture. Les tuyaux de chauffe placés sous les banquettes sont revêtus d'un mastic mauvais conducteur en ciment, poil de vache, tourbe, huile et minium.

Dans chaque dossier des banquettes, munies de tuyaux de chauffe, est placé au-dessus de l'appuitête un secteur de réglage mis à la disposition des voyageurs, et leur permettant de faire mouvoir le bouton d'un petit levier sur les indications kalt (froid), kalt-warm (tiède) ou warm (chaud). Ce levier correspond aux vannes de réglage montées sur la prise de vapeur de la conduite générale. Les compartiments des conducteurs dans les fourgons sont également chauffés par deux tuyaux.

La tension de la vapeur est amenée à trois atmosphères au moyen d'un régulateur intercalé sur la conduite sous la main du mécanicien. Cette tension a été reconnue la plus convenable. Quand ce petit appareil est réglé au moyen d'une vis et d'un volant, un ressort à boudin agissant sur une membrane en caoutchouc maintient automatiquement à la pression voulue la tension de la vapeur dans la conduite (fig. 65).

Près du régulateur de pression une soupape de sûreté est ajoutée à la conduite; cette soupape s'ouvre sous une pression un peu supérieure à

trois atmosphères. On ne peut chauffer, par ce système, un train de plus de douze voitures.

Conduite de l'appareil. — (*a*) Le train étant formé, on ouvre tous les robinets de la conduite, on met le registre des compartiments sur le mot « chaud », on ferme les portes, les glaces et les ventilateurs,

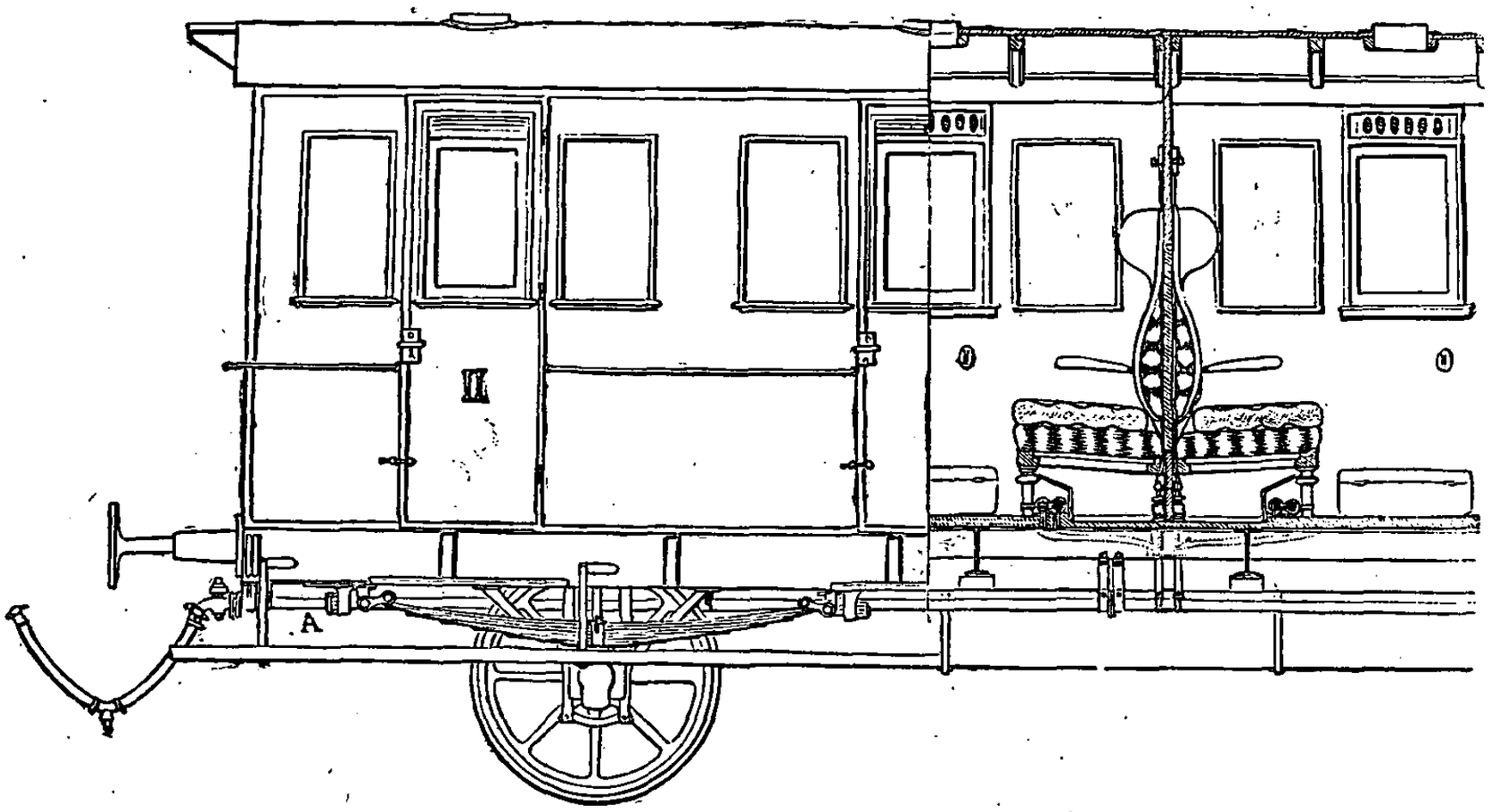


Fig. 63. — *Chauffage par la vapeur (Est-Bavarois). Vue et Coupe.*

et on raccorde les tuyaux. Les soupapes automatiques de purge sont nécessairement ouvertes. — (*b*) On attèle la locomotive une heure avant le départ, on ferme les robinets intermédiaires, on lance de la vapeur dans la conduite jusqu'à ce que le robinet de queue ne rende plus d'eau de conden-

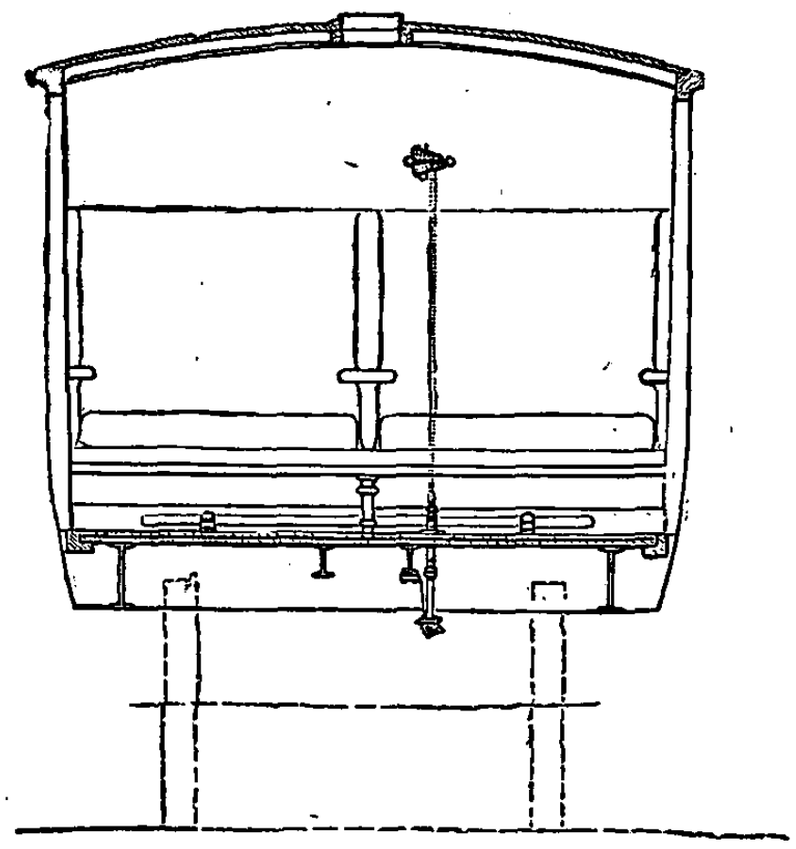


Fig. 64. — *Chauffage à la vapeur (Est-Bavarois). Coupe A B.*

sation. — (*c*) On ferme la prise de vapeur et le robinet de queue pendant huit à dix minutes suivant la rigueur du froid. — (*d*) On ouvre de nouveau ces deux orifices, et l'on ne ferme le robinet de queue que quand il ne rend plus que de la vapeur à peu près sèche. Le robinet de prise reste encore ouvert pendant environ vingt-cinq minutes. — (*e*) L'admission est suspendue pendant dix minutes.

Le train est prêt à partir. — (*f*) Pendant la marche les manœuvres d'ouverture et de fermeture du robinet de prise se succèdent périodiquement.

Etat bavarois, ancien réseau. Les trains express

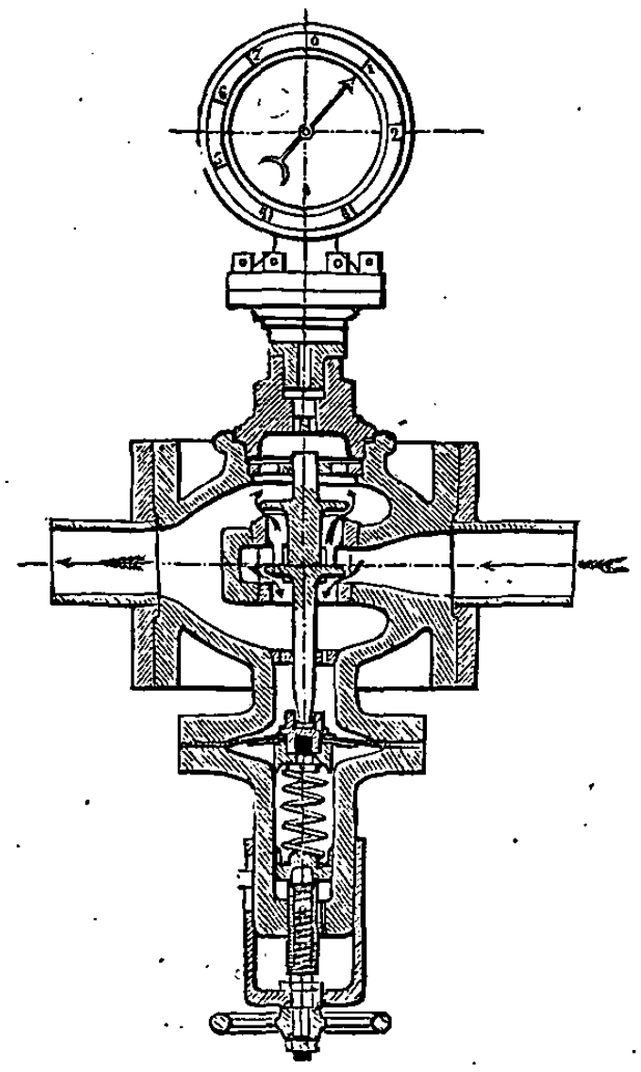


Fig. 65. — *Chauffage à la vapeur (Est-Bavarois annexé). Régulateur de pression.*

sont chauffés par la vapeur de la locomotive ; les trains poste, omnibus et mixtes, par la vapeur d'une chaudière spéciale. Les voitures mises aux trains de marchandises ne sont pas chauffées

L'emploi des chaudières spéciales tend à être abandonné. Les dispositions générales sont les mêmes que celles de l'Est bavarois.

Est prussien. Les trains circulant sur les lignes principales sont chauffés soit par la vapeur de la locomotive pour les express, soit par la vapeur d'une chaudière spéciale pour les trains ordinaires (fig. 66 et 67).

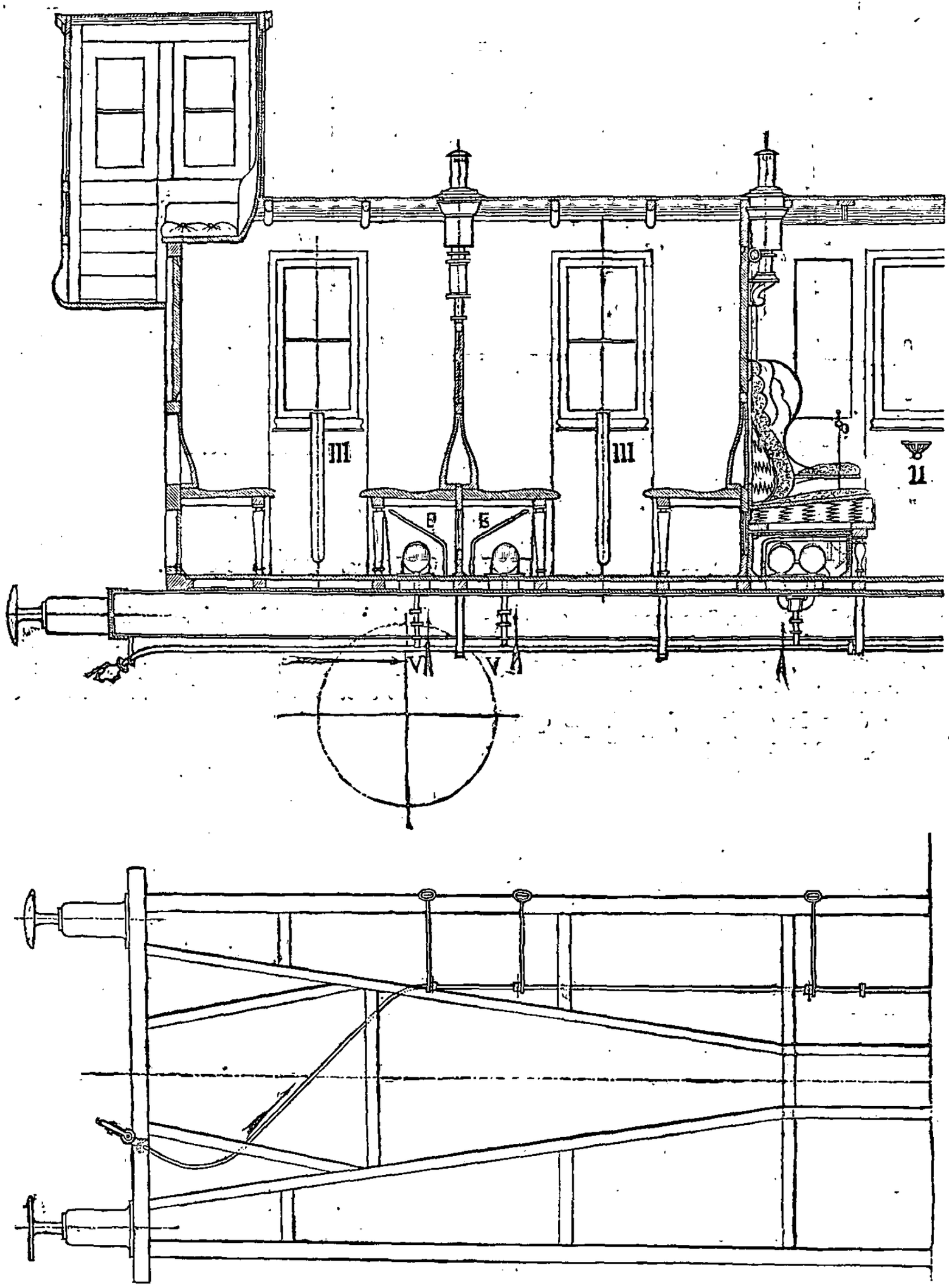


Fig. 66 et 67. — *Chauffage à la vapeur (Est-Prussien). Coupe et plan.*

Les tuyaux de chauffe, en tôle, sont couchés sous les banquettes des voitures de 1re, 2e et 3e classes. De doubles écrans en tôle enveloppent les tuyaux de chauffe et protègent les sièges contre un trop fort échauffement. Dans les voitures de 1re et de 2e classes, un bouton placé au-dessous des fenêtres règle la température en se glissant sur un des mots « chaud » et « froid » (fig. 68).

En mettant le bouton au « froid », on tient abaissé un volet en bois placé sous la banquette. Si, au contraire, on place le bouton sur le mot « chaud », on a fait mouvoir dans la cloison une tringle dont le levier lève le volet autour de sa charnière horizontale et laisse entrer l'air chaud.

Pour éviter un trop fort échauffement de la chambre de chauffe, on la fait communiquer avec

l'air extérieur par une cheminée d'évacuation. Ce tuyau d'appel communique avec la chambre des tuyaux par un registre qui s'ouvre dès que l'on commence à fermer le volet régulateur. Les voitures de 3e classe ne sont pas munies de l'appareil de réglage; un grillage en fil de fer empêche tout contact des voyageurs avec le tuyau de chauffe (fig. 69).

Les voitures de 4e classe possèdent, le long de chacune de leurs parois longitudinales, une enveloppe en tôle perforée dans laquelle circulent deux tuyaux de chauffe en tôle de 0m,50 de diamètre extérieur se dirigeant l'un à l'avant, l'autre à l'arrière, puis se repliant l'un et l'autre vers le milieu de la voiture jusqu'au quart de sa longueur, de manière à former un U à branches inégales. Ces tuyaux, au nombre de quatre par voiture, sont légèrement inclinés vers la conduite générale pour permettre l'écoulement de l'eau. Leur coude est muni d'un robinet pour l'échappement de l'air. Les tuyaux de chauffe présentent respectivement la surface utile suivante :

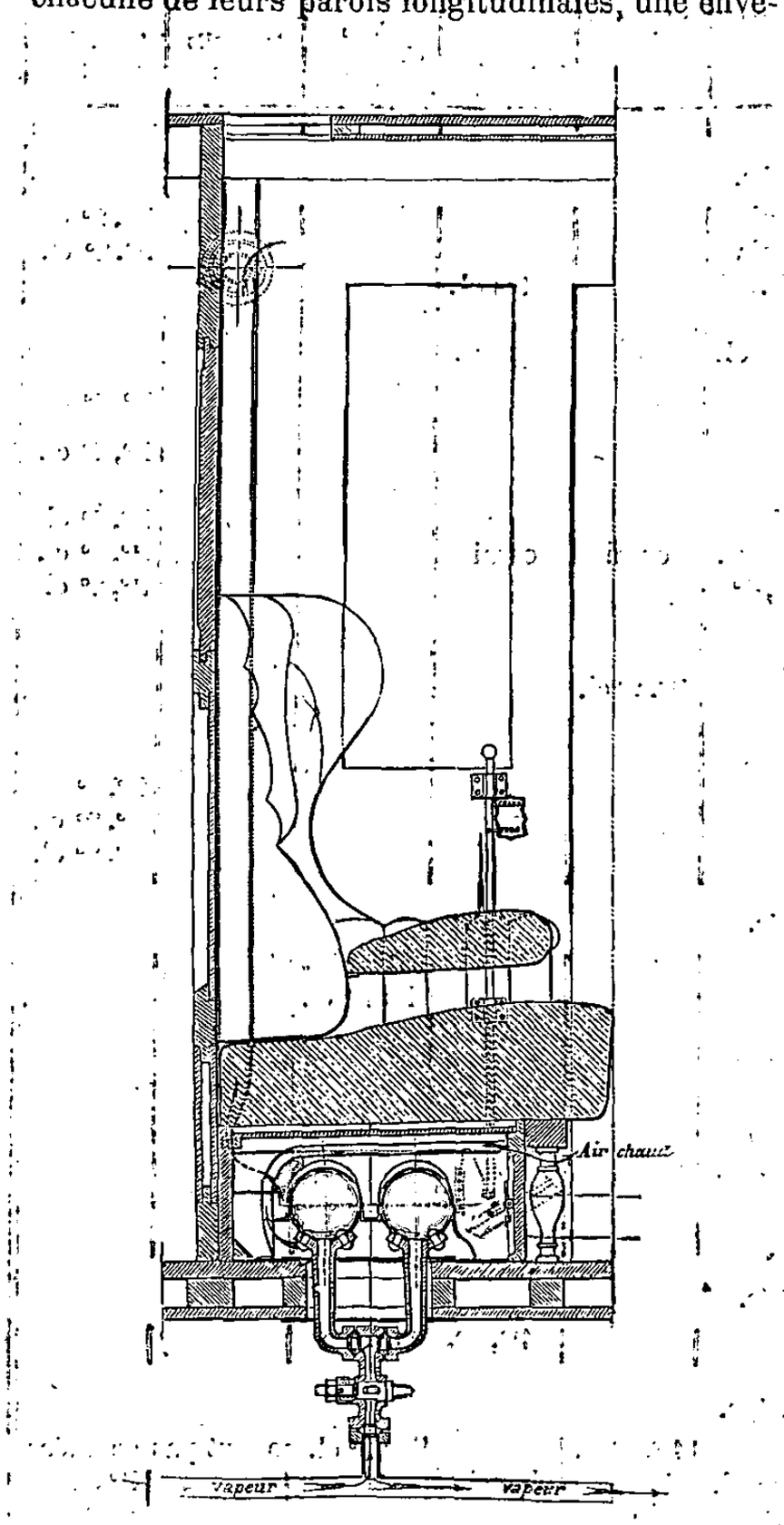


Fig. 68. — *Chauffage par la vapeur (Est-Prussien), 2e classe. Coupe.*

1re classe	1m²,52 pour 9m³,900	—	0m²,1535 pour 1m³.
2e	— 1m²,46 pour 9m³,120	—	0m²,16 pour 1m³.
3e	— 1m², » pour 7m³,700	—	0m²,1298 pour 1m³.
4e	— 3m²,86 pour 39m³,	» —	0m²,0989 pour 1m³.

Sous chaque voiture la conduite générale en tuyau de fer de 0,033 de diamètre intérieur affecte, près des traverses de tête, une direction inclinée vers l'axe de traction, ce qui permet de faire la jonction en caoutchouc obliquement sous le tendeur sans tourner la voiture.

La jonction entre les voitures est composée de deux tuyaux en caoutchouc se raccordant entre eux par un tube cintré en cuivre portant à son milieu un petit robinet purgeur. Un robinet placé à l'arrière du dernier véhicule laisse échapper l'eau de condensation. La conduite générale aboutit soit à la locomotive, soit à la chaudière spéciale dont elle reçoit la vapeur à la pression effective de deux kilogrammes. Quand la vapeur est prise à la locomotive, sa pression est amenée au point voulu par le régulateur de pression Grund composé d'une plaque d'acier flexible fermant une cuvette au fond de laquelle est une soupape (fig. 70).

Cette soupape porte une tige qui appuie contre le milieu de la plaque, ce qui la tient constamment ouverte. Quand la pression est supérieure ou inférieure à deux kilogrammes, le tuyau d'admission étant ouvert, le bombement ou l'aplatissement de la plaque diminue ou augmente l'ouverture de la soupape et la pression de la vapeur. La cuvette est munie d'une petite soupape de sûreté.

Conduite des appareils. — (*a*) Avant le départ. On commence le chauffage deux heures avant le départ. On met d'abord lentement en communication avec la prise de vapeur la conduite principale dont on ouvre les gros robinets, les robinets de purge et celui de l'arrière. Quand les robinets de purge ne laissent plus échapper que la vapeur sèche, on les ferme. On ouvre successivement de la queue à la tête du train les robinets d'admission que l'on referme dès qu'il n'y a plus d'air. Le robinet d'arrière est réglé à une très faible ouverture pour ne laisser échapper que de l'eau. — (*b*) Pendant la marche. La vapeur est envoyée sans interruption ; à chaque arrêt, on ouvre un certain nombre de purgeurs pour chasser l'eau de condensation. — (*c*) Après la marche. A l'arrivée on ferme la prise de vapeur et on ouvre tous les robinets.

E. **Chauffage par les chaufferettes fixes à l'eau chaude** *(Thermo-syphon)*. Les chemins rhénans ont appliqué ce système à une voiture-salon. Une petite chaudière est suspendue hors de la voiture entre les tampons. L'eau chaude sort du haut de la chaudière, circule dans les chaufferettes encastrées dans le plancher, puis rentre au bas de la chaudière. — V. § Chauffage en France, *Appareil de l'Est (Thermo-syphon)*.

E *bis*. **Chauffage par les bouillottes mobiles.** Ce chauffage est appliqué généralement dans les voitures de 1re et 2e classes de l'État de Bade, de l'État Saxon et dans les mêmes voitures de la Haute-Silésie qui ne sont pas pourvues d'installations spéciales.

§ II. CHAUFFAGE EN AUTRICHE, EN RUSSIE, EN SUISSE ET EN NORWÈGE.

L'ouvrage de M. Regray nous renseigne sur les procédés de chauffage des compagnies mentionnées dans le tableau ci-dessous :

A. Chauffage par les poêles. Voici, au sujet de ce chauffage, l'opinion émise par la grande Société des chemins de fer russes.

« Modicité des dépenses de construction et d'installation, rapidité du chauffage permettant

Chauffage du matériel de l'Autriche, de la Russie, de la Suède et de la Norwège.

COMPAGNIES	EFFECTIF des voitures	Kilomètres exploités	POÊLES	AIR CHAUD	Briquettes	VAPEUR		EAU CHAUDE	
						de la locomotive	d'une chaudière spéciale	Appareils fixes	Appareils mobiles
				Autriche.					
Sud de l'Autriche. . .	1.207	2.320	3e, 4e cl.	essais					1re, 2e cl.
Etat Autrichien	810	1.654	3e classe	essais					1re, 2e cl.
Ch. Louis de Galicie .	286	592		2 voit. sal.		toutes cl.			
Empereur Ferdinand du Nord.	622	770		toutes cl.		express.			
N.-Ouest de l'Autriche	305	1.020	voit. sal. et 3e cl.						1re, 2e cl.
Emp. François-Joseph	450	714	3e classe						1re, 2e cl.
Ouest Impératrice Elisabeth.	580	680	3e classe	1e mixt. 3e					1re, 2e cl.
Vars. Vienne Bromberg	223	498	voit. sal.	8 voitur.	essai	essai			1re, 2e cl.
Prince roy. Rodolphe.	259	631	3e, 4e cl.	1re, 2e					1re, 2e cl.
Jonct. du Sud au Nord de l'Allemagne . . .	101	223	quelques voit. de 2e 3e, 4e cl.		1re, 2e cl.				
Etat de Hongrie. . . .	420	1.059	toutes cl.						
Est de Hongrie	111	615	4e classe						1re, 2e cl.
Ouest de Hongrie. . .	82	376							1re, 2e cl.
Ch. de fer de la Theiss	145	578	3e classe						1re, 2e cl.
				Russie.					
Grande Société russe.			toutes cl.				sal. voit.-lits 1re cl.		
Sud de Constantinow.			toutes cl.						
Mittau.			toutes cl.						
Losowo-Sébastopol. .			toutes cl.						
Kursk.			toutes cl.						
Charkow.									
Azow									
Abo-Tamersfors. . . .									
				Suède.					
Etat Suédois.						1re, 2e, 3e classe			
				Norwège.					
Norwégiens (v. norm.)	187			1re, 2e cl.		les 3e cl. ne sont pas chauffées			
— (voie étroite). . .	313			les 2e cl. ne sont pas chauffées				1re classe	

Prix d'installation et résultats calorifiques de quelques Compagnies.

COMPAGNIES	PRIX d'installation par voiture		DÉPENSE PAR HEURE-VOITURE pour la vitesse de 40 kilom.		RÉSULTAT calorifique
			Combustible	Totale	
Sud de l'Autriche.	Poêle Maück et Brock, installation comprise.	228 65	0.045		15°,5
	Poêle Blazicek	246 »	0.037		17°,5
Etat autrichien.	Poêle Maück et Brock.	117 50	0.024		
Grande Société russe. . . .	Salons.	759 80			17°,5
	1re classe et vagon-poste.	544 40			
	2e et 3e classe	296 40			
	Fourgons.	185 60			

de n'allumer les poêles qu'une demi-heure avant le départ des trains; faible dépense de bois, etc.

« Mais d'un autre côté, l'usage de ces appareils présente les inconvénients qui suivent :

« Les poêles ne produisant pas de ventilation, l'air que renferme la voiture se vicie et n'est renouvelé que par l'air froid qui pénètre lorsqu'on ouvre les portes.

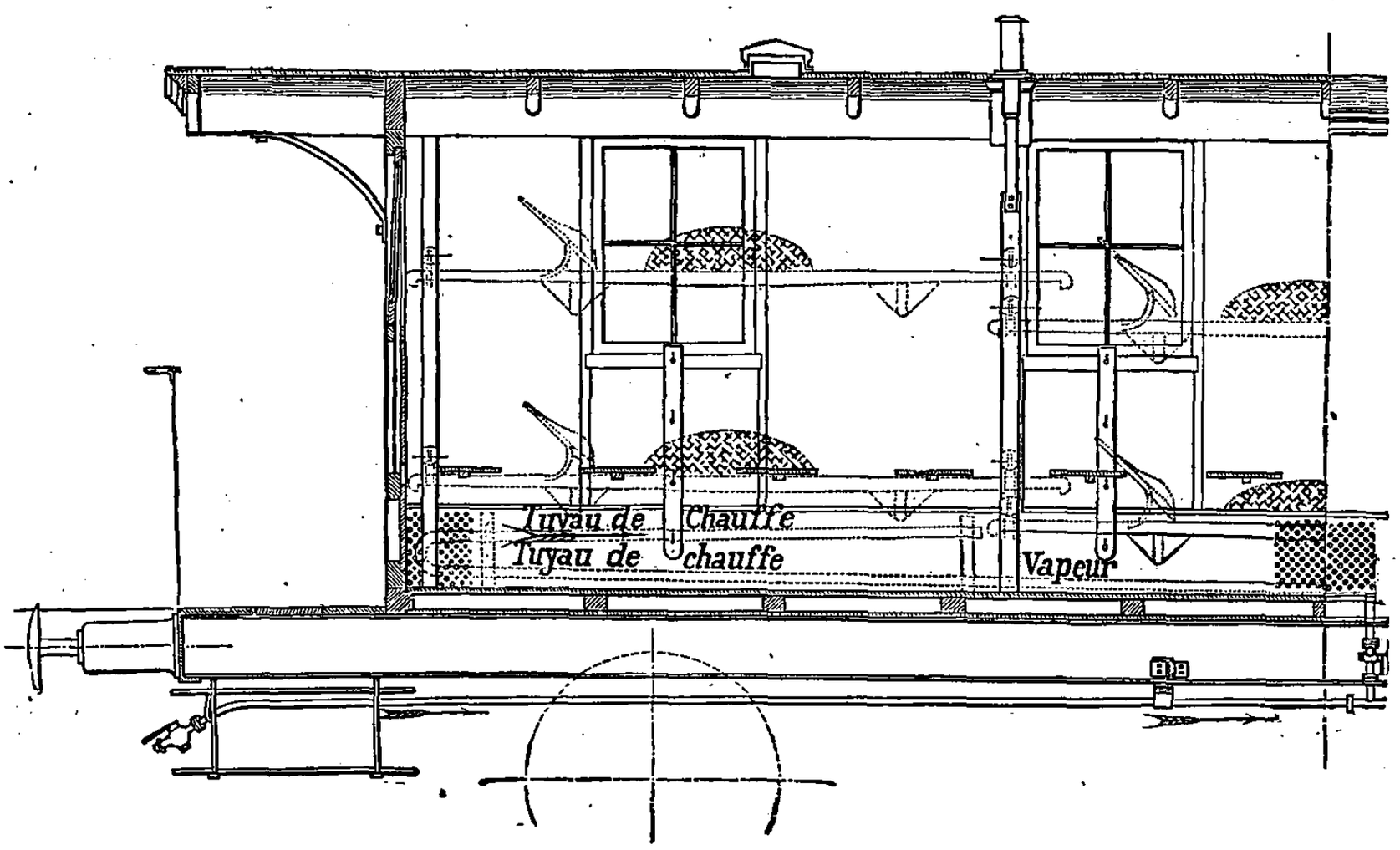


Fig. 69. — *Chauffage par la vapeur (Est-Prussien), 3e classe.*

« Des gaz délétères s'échappent du foyer. La chaleur est trop forte à proximité du poêle; aussi les voyageurs évitent-ils son voisinage. La chaleur

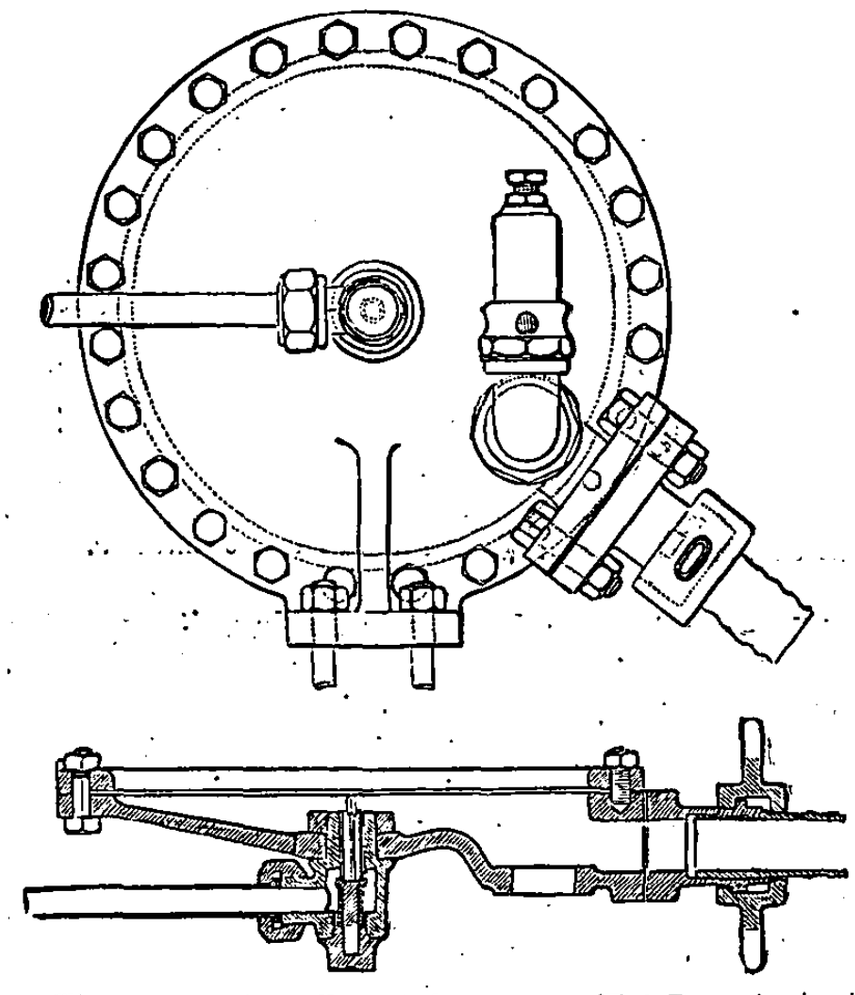


Fig. 70. — *Chauffage à la vapeur (Est-Prussien), régulateur de pression, système Grund.*

ne se répartit pas uniformément dans la voiture. Des expériences faites en 1869 et en 1870 ont établi que, dans une voiture chauffée par un seul poêle placé dans le compartiment du milieu, dont les cloisons sont à claire-voie, la température centrale est en moyenne de 1°,25 à 6°,25 supérieure à celle des couches d'air voisines des parois des bouts. Cette différence s'élève à 12°,5 lorsque les cloisons sont pleines. Suivant la hauteur, les écarts de température, sensiblement les mêmes dans tous les compartiments, varient de 4° à 10°.

« Les suites des accidents sont considérablement augmentées lorsque des poêles allumés se trouvent dans les voitures avariées, et c'est là, sans contredit, l'objection la plus grave contre l'emploi de ces appareils et qui est malheureusement confirmée par des faits. »

1° *Sud de l'Autriche et Etat autrichien*. Cet appareil consiste en une colonne en fonte encastrée dans la cloison des deux compartiments du milieu le long d'une des parois longitudinales de la voiture. Cette colonne est percée de trois portes superposées : l'inférieure pour le cendrier, la supérieure pour le chargement, l'intermédiaire placée au-dessus de la grille pour le nettoyage. Cette porte intermédiaire est munie d'un registre de réglage et ferme contre une grille à barreaux inclinés qui l'isole du combustible.

Le poêle est entouré d'une enveloppe en tôle munie d'une porte à charnière qui permet d'accéder aux deux portes de chargement et d'entretien. Une seconde enveloppe en tôle entoure intérieurement à la première la partie postérieure de la colonne de fonte. La cheminée placée au-dessus du poêle est entourée elle-même d'une enveloppe, traverse la toiture à travers une couronne isolante et se termine par un chapeau mobile. Un écran

horizontal en fonte est placé au-dessus de la partie supérieure pour diviser la fumée et diminuer le tirage. Le poêle Blaziseck, mis en service en 1874, peut être substitué au précédent dans ses enveloppes. La paroi cylindrique consiste en barreaux verticaux formant une grille qui laisse accéder l'air de tous côtés et assure une combustion complète. Ce poêle contient 9 kilogrammes de houille.

La température du haut des voitures est, de 11°,7 plus élevée que celle du niveau du plancher.

2° *Grande société russe (chemin Nicolas)*. Le matériel du chemin est presqu'en entier construit suivant le système américain. Les voitures, divisées par des cloisons pleines, sont à couloir central. Les planchers sont doubles, les parois latérales et le plafond sont garnis à l'intérieur en feutre ou en toile cirée. Les poêles montés dans les voitures au

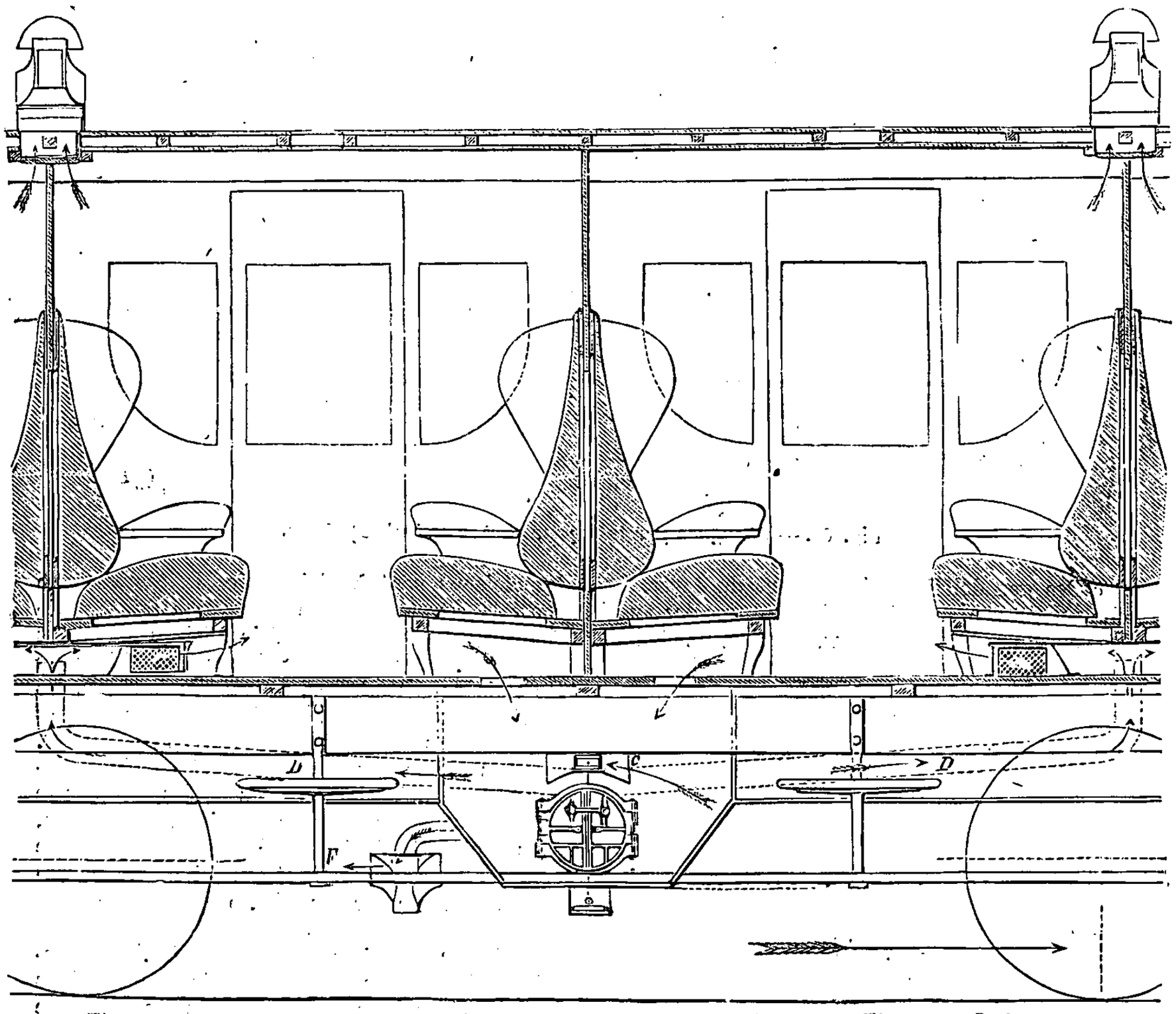


Fig. 71. — *Chauffage par l'air chaud (chemin du Sud de l'Autriche), système Thamm et Rothmüller.*

nombre de 1, de 2 ou de 3 sont chauffés au bois ou au charbon de bois posés non pas sur une grille mais sur une simple sole en briques. Une seule porte dessert l'appareil. La cheminée en fonte placée au-dessus du poêle traverse la toiture à travers une double couronne en tôle. Une enveloppe en tôle entoure le poêle et la cheminée jusqu'au pavillon.

B. **Chauffage par l'air chaud.** Ce mode consiste à faire passer de l'air au contact d'un calorifère spécial à chaque véhicule et à répartir cet air chauffé dans la voiture au moyen de tuyaux et de bouches.

1° Le chemin du sud de l'Autriche a appliqué à une première classe l'appareil Thamm et Rothmüller déjà mentionné plus haut (chauffage en Allemagne). Sous le châssis de la voiture, entre les deux essieux, est suspendu un cylindre horizontal en tôle. La base extérieure de ce cylindre est formée par une porte ; l'autre base est un fond plein d'où part la cheminée ; la cheminée se replie sous la voiture et se termine de haut en bas par une double manche à vent formant aspirateur (fig. 71). Le cylindre-calorifère est ouvert à sa partie inférieure pour recevoir un cendrier dont les faces verticales sont percées de trous pour l'admission de l'air. Le cylindre en tôle reçoit par sa porte un cylindre intérieur composé de barres de fer avec fonds à jour formant grille. L'une de ces grilles est mobile et reçoit le combustible. Deux écrans concentriques en tôle entourent le cylindre pour former entre eux et le foyer la chambre de circuit

de l'air à échauffer. L'air à échauffer arrive à la fois : 1° de l'extérieur par une double manche à vent placée au-dessus de l'appareil ; 2° du dessous des banquettes du milieu de la voiture par des ouvertures pratiquées dans le plancher. Après avoir circulé autour du foyer, l'air chauffé est conduit à des bouches placées sous les banquettes des compartiments extrêmes, par des tuyaux inclinés.

Un coffre étanche en bois enveloppe l'ensemble de l'appareil, sauf le cendrier.

Des ventilateurs placés dans le pavillon de la voiture servent à renouveler l'air et à régler la température.

La durée de la combustion d'un chargement de 11 kilos combustibles est de 8 heures en moyenne et de 12 heures au plus. Le résultat calorifique est en moyenne de 13° à 14°. La température au plancher est de 1°,3 supérieure à celle de la voûte.

2° *Chemin de Varsovie-Vienne-Bromberg.* A la fin de l'hiver 1874, la Compagnie a appliqué l'appareil Thamm et Rothmüller à huit de ses voitures, à raison de deux appareils par voiture.

C. **Chauffage par les combustibles agglomérés.** Nous ne trouvons d'application courante de ce mode de chauffage que dans les chemins norwégiens qui ont copié celui de Berlin-Potsdam en établissant la caisse de l'appareil en cuivre rouge et non plus en tôle de fer.

§ III. CHAUFFAGE EN SUISSE, EN BELGIQUE, EN HOLLANDE, EN ANGLETERRE ET EN ITALIE.

COMPAGNIES	Effectif des voitures	Kilomèt. exploités	A POÊLES	B Air chaud	C Briquettes	D VAPEUR de la locomotive	D VAPEUR d'une chaudière spéciale	E EAU CHAUDE Appareils fixes	Ebis EAU CHAUDE Appareils mobiles	F GAZ ou PÉTROLE
Suisse.										
Central-Suisse	184	257	2e, 3e cl.	12 mixt.					1re classe	
Union suisse	154	275	toutes cl.	22 voit.						
Nord-Est suisse	531	320	137 voit.	312 voit.						
Suisse occidentale								applicat. partielle		
Belgique.										
Etat belge	2.044	2.024		expér.	expér.			essai	1re classe	expér.
Hollande.										
Etat néerlandais	434	990			expér.				1re, 2e cl.	
Angleterre.										
Toutes les Compagnies									emploi général	
North-Eastern					essai					
Lond. and N. Western					essai					
Italie.										
Ch. de la Haute Italie	2.157	3.344							1re classe	

A. **Chauffage par les poêles.** *Central suisse.* Les voitures des 2e et 3e classes qui sont, ainsi que les premières classes, du type américain, sont chauffées en sacrifiant quatre places par voiture au moyen d'un poêle en tôle et fonte muni d'une grille, d'une seule porte de chargement et d'une garniture en terre réfractaire faisant un coude à la partie médiane pour opérer le retour de fumée vers la cheminée placée à mi-hauteur. Le cendrier est dans le socle. Une enveloppe percée de trous entoure le poêle, l'air à échauffer s'introduit par les trous du bas et s'échappe par ceux du haut.

L'appareil posé revient à 130 francs. Son résultat calorifique est de 23° à 29°. Il faut l'entretenir et le soigner de quart d'heure en quart d'heure. Le combustible est un mélange de bois et de coke.

Les poêles de l'Union suisse et du nord-est présentent des dispositions analogues.

B. **Air chaud.** 1° Le Central suisse et l'Union suisse ont appliqué à plusieurs voitures l'appareil Thamm et Rothmüller simplifié. Le prix d'installation est de 550 francs ; le coût du chauffage de 0 fr. 10 par voiture et par heure. Le résultat calorifique est de 17° à 22°.

2° Le nord-est suisse chauffe une grande partie de son matériel au moyen de l'appareil Moëy. L'appareil, placé sous un brancard, s'ouvre sur le côté de la voiture. Il consiste en un foyer rectangulaire en fonte alimenté au coke, avec grille horizontale, porte à la partie supérieure et admission d'air sous la grille par une manche à vent.

Une trémie circulaire, formant l'origine de la cheminée, pénètre dans le foyer et limite la hauteur du combustible enflammé. La cheminée monte obliquement dans une enveloppe en tôle plissée. L'air à échauffer pénètre par dessous, dans les intervalles de deux enveloppes qui entourent le foyer et la cheminée. La chambre intérieure d'air chaud alimente quatre bouches de chaleur placées aux deux bouts de la caisse ; la chambre extérieure protège la première et alimente deux bouches placées dans le couloir et deux autres bouches placées au-dessus du foyer.

Le prix d'installation est de 480 francs ; le résultat calorifique est de 21° à 25° ; la dépense de chauffage est de 0 fr. 08 par voiture et par heure.

E. **Chauffage par les appareils fixes à eau chaude.** *Compagnie de la Suisse occidentale.* Un certain nombre de voitures sont chauffées au moyen de l'appareil Weibel et Briquet de Genève. Sous les banquettes sont couchés des tuyaux de chauffe participant d'une canalisation aboutissant à une chaudière placée sous la caisse du véhicule (V. plus loin les essais de la Compagnie de l'Est français).

E *bis*. **Chaufferettes mobiles à l'eau chaude.** Les voitures de première classe sont chauffées par des bouillottes. Ce chauffage est exclusivement employé pour les premières classes du Central suisse, de l'Etat belge, des chemins de la Haute-Italie, des chemins anglais. Le London

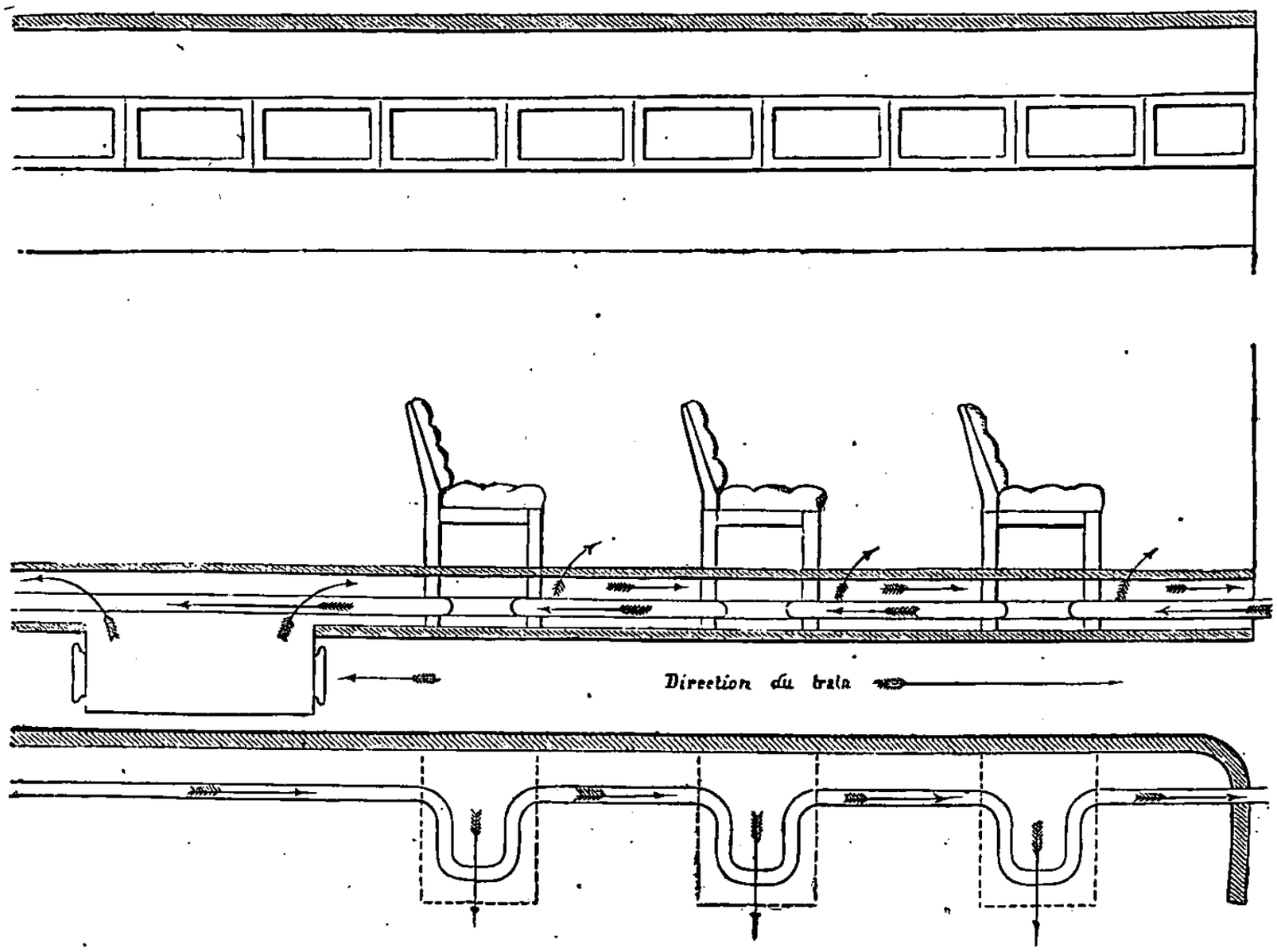


Fig. 72. — *Chauffage par l'eau chaude (Pensylvanian Railread. Coupe et plan.*

Brighton et le London and South Western ne donnent des chaufferettes que moyennant une taxe de 0 fr. 30 à 0 fr. 60.

F. **Chauffage par le gaz et le pétrole.** L'Etat belge a fait d'intéressantes expériences d'application au chauffage du gaz appliqué à l'éclairage de certaines lignes d'après un système présenté par M. Chaumont. Entre les sièges est placée une boîte métallique dans laquelle passent deux tubes, où circulent en sens inverse les produits de la combustion de deux becs pour s'échapper dans l'atmosphère par une cheminée d'appel montant dans l'angle des compartiments. La conduite générale de gaz passe au-dessus des voitures au moyen de tuyaux métalliques et de raccordements flexibles.

Les essais ont été satisfaisants. La dépense de chauffage est de 0 fr. 208 par voiture et par heure. Les chaufferettes acquièrent en 20 minutes la température des chaufferettes à eau chaude.

Le même inventeur a proposé de remplacer le gaz par du pétrole.

§. IV. CHAUFFAGE EN AMÉRIQUE.

1° Le matériel américain composé tout entier de voitures à couloir central est généralement chauffé au moyen de l'appareil à eau chaude du système Baker. Ce système consiste en un poêle à circulation d'eau chaude. Cet appareil est lui-même chauffé par la vapeur d'échappement de la locomotive. Une canalisation avec jonction élastique entre les voitures parcourt le train. Les tuyaux et

le poêle sont entourés d'une enveloppe de sable. Il faut plus d'une heure et demie pour élever le sable à la température voulue.

Ce chauffage ne fonctionne pas en stationnement ; il faudrait donc envoyer au moyen d'une machine spéciale un jet de vapeur dans les tuyaux, une heure et demie avant le départ du train. Dans ce système la dépense de combustible proprement dite est de beaucoup dépassée par l'ensemble de toutes les autres, telles que frais d'installation, d'entretien, de conduite, etc.

2° Les trains du chemin aérien de New-York sont composés de trois ou quatre voitures omnibus légères communiquant entre elles par un couloir central. Les sièges sont rangés sur les deux côtés. Sous chaque rangée de sièges courent des tuyaux en fer galvanisé de 0m,150 de diamètre entourés d'une couche de sable renfermée dans une enveloppe en tôle, et raccordés d'une voiture à l'autre au moyen d'un accouplement flexible de 0m,028, analogue à celui du frein Westinghouse. C'est la machine qui fournit la vapeur. Les accouplements entre les véhicules perdent souvent ; il n'est pas rare que le nuage de vapeur soit assez épais pour empêcher de voir d'un véhicule à l'autre. Cette disposition, suffisante pour les trains du chemin aérien, n'a jamais pu être citée comme un succès.

3° Le Pensylvanian Rail road chauffe ses voitures au moyen de l'eau chaude d'une chaudière spéciale, dont la vapeur actionne une petite pompe qui refoule l'eau dans les conduites placées sous les sièges à droite et à gauche du train. Les conduites sont recouvertes d'une tôle semi-circulaire qui forme chaufferette. Cette tôle se prolonge du côté du couloir central en une grille qui laisse passer l'air échauffé. Des fenêtres de ventilation sont ménagées dans le pavillon de la voiture. La pompe assure la circulation d'eau chaude quelle que soit la longueur du train (fig. 72).

4° Plusieurs lignes chauffent leurs trains au moyen de poêles alimentés d'anthracite ou de bois.

§. V. CHAUFFAGE EN FRANCE.

Les méthodes usitées en France sont consignées au tableau suivant, dressé sur le même cadre que ceux des chapitres précédents.

COMPAGNIES	A POÊLES	B AIR CHAUD	C BRIQUETTES	D VAPEUR de la locomotive	D VAPEUR d'une chaudière spéciale	E EAU CHAUDE Appareils fixes	E bis EAU CHAUDE Appareils mobiles
Grandes Compagnies.		application générale				application partielle	toutes cl.
Dombes							
Charentes..				application partielle			

A. **Chauffage à l'air chaud.** *Chemin des Dombes.* Depuis 1873, cette Compagnie chauffe ses voitures de toutes classes au moyen d'un appareil à air chaud placé immédiatement sous la grille.

La dépense d'installation est de 180 francs par voiture. La dépense de chauffage (charbon de Paris) est de 2k,850, coûtant 0 fr. 457 par voiture et par heure.

D. **Chauffage par la vapeur.** La Compagnie des Charentes a chauffé, de 1873 à 1875, un certain nombre de trains au moyen de bouillottes fixes à eau, placées entre les banquettes. On y a renoncé en raison des dépenses et de la complication du service courant.

E. **Chauffage par les bouillottes fixes.** La capacité calorifique de l'eau a été le point de départ des importantes expériences de M. Regray, des applications qui en ont été la suite et de l'adoption générale en France de l'eau comme véhicule de la chaleur à mettre à la disposition des voyageurs de chemins de fer.

« L'eau constitue, dit l'auteur, une sorte de volant de chaleur mettant les voyageurs à l'abri des brusques changements de température dus aux ouvertures des portières. »

Théorie du chauffage à l'eau chaude par circulation continue ou par thermo-syphon. « Les appareils de chauffage à l'eau chaude par circulation continue, souvent désignés sous le nom de *thermo-syphons*, consistent en une chaudière sur laquelle vient aboutir une canalisation métallique parcourant les espaces à échauffer. L'appareil étant rempli d'eau, si l'on allume du feu dans la chaudière, le liquide que celle-ci renferme s'échauffe et monte vers la partie supérieure de la canalisation. Mais, vu l'incompressibilité du liquide, le mouvement ne peut se produire que si les couches inférieures viennent prendre successivement la place de la première couche déplacée, et les choses se passent comme si toute l'eau de la canalisation était poussée par un véritable piston. Il s'établit ainsi un courant continu qui a pour effet de ramener constamment à la chaudière, c'est-à-dire à la source de chaleur, le liquide qui a parcouru l'intérieur des tuyaux. »

Appareil Weibel et Briquet. L'ingénieur en chef de la Compagnie de l'Est débuta par l'essai de de l'appareil Weibel et Briquet monté sur des voitures de 3e classe. Une chaudière cylindrique en fonte est montée en dehors et en dessous de la caisse dans l'angle du brancard et de la traverse extrême. Cette chaudière entoure d'un espace annulaire plein d'eau un foyer en fonte s'ouvrant en bas par une grille et en haut par une trémie de chargement et par un tuyau de fumée. La che-

minée s'élève en dehors de la voiture contre la paroi du fond dans une direction oblique qui la garantit d'un refroidissement trop rapide.

La chaudière contient 13 kilos de coke de gaz. De sa partie supérieure part un tuyau en fer qui pénètre dans la voiture, alimente un premier tuyau de chauffe, monte à la toiture qu'il parcourt longitudinalement pour descendre verticalement par l'intérieur de cloisons séparatives vers d'autres tuyaux de chauffe, et revenir à la partie inférieure de la chaudière. Les tuyaux de chauffe sont couchés sous les banquettes, à raison d'un tuyau par

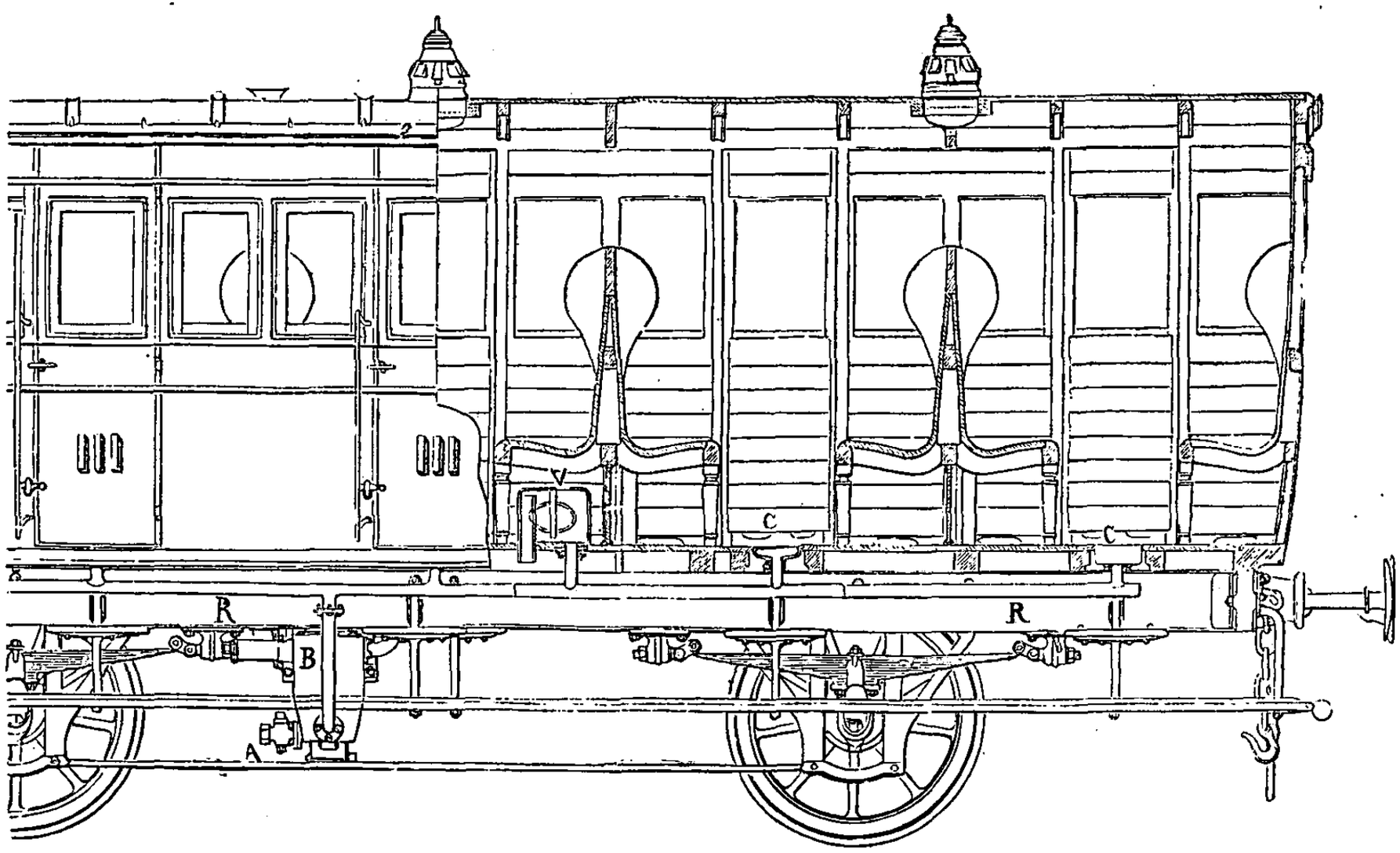


Fig. 73. — *Chauffage par le thermo-syphon (Est-Français). Vue et coupe.*

compartiment. Un vase d'expansion muni d'un flotteur et placé sur la toiture, met la canalisation en communication avec l'air extérieur. L'entonnoir de remplissage est placé à côté du vase d'expansion. Un robinet de vidange est placé au bas de la chaudière. L'appareil entier pèse 400 kilogrammes, contient 100 litres d'eau, et coûte environ 800 francs.

La consommation de l'eau est d'environ 5 litres par voyage de 30 heures. La consommation par heure de combustible en coke du gaz est moyennement de 1 kilogr. 900 pendant la marche et de

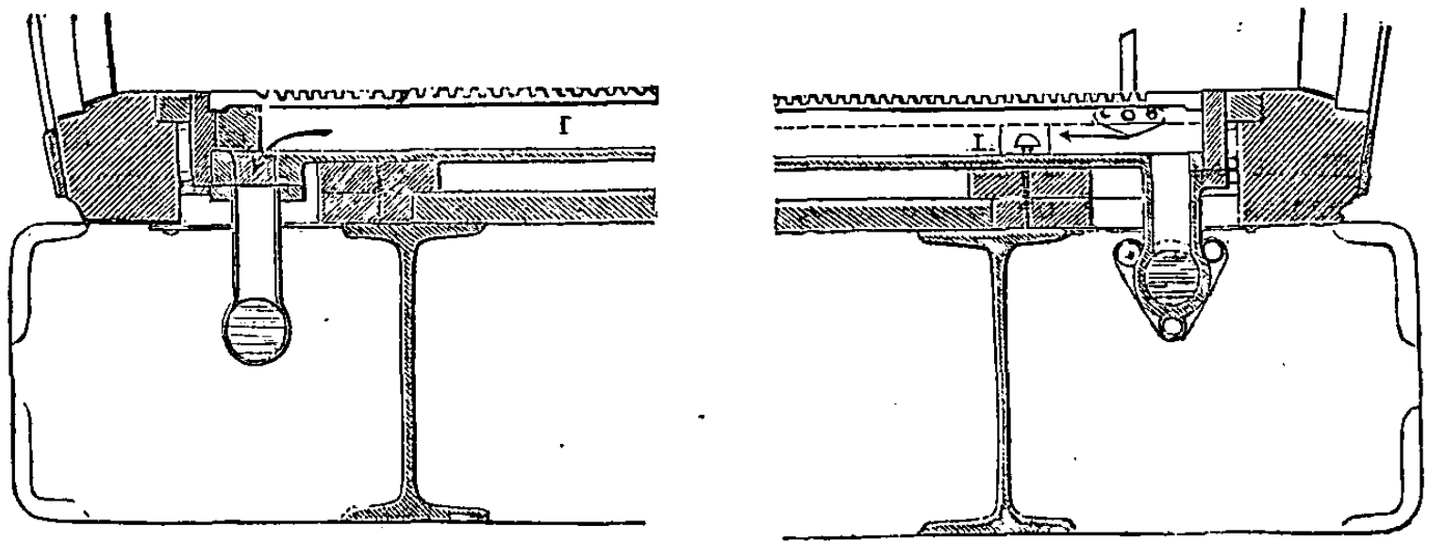


Fig. 74.

1 kilogr. 100 en stationnement, ce qui revient respectivement à 0 fr. 076 et à 0 fr. 044 par heure et par voiture. L'effet calorifique est de 10° 5, la température étant, au pavillon, supérieure de 2° à celle du niveau du plancher et se répartissant dans la voiture avec des inégalités de 4°. L'allumage doit se faire 2 heures avant le départ. Un parcours de onze heures ne demande que deux chargements en route et un piquage du feu de 3 en 3 heures.

Les dépenses d'entretien ont été sans importance pendant les deux hivers d'essai.

Inconvénients du système Briquet. 1° Les températures ne sont pas bien réparties ; 2° le voyageur ne peut pas se chauffer les pieds ; 3° la canalisation à l'intérieur de la voiture rend le montage difficile et les fuites pleines d'inconvénients ; 4° la

disproportion de la puissance des chaudières et de la surface rayonnante occasionne quelquefois l'ébullition de l'eau; 5° les grilles sont trop grandes; on a dû en réduire la surface.

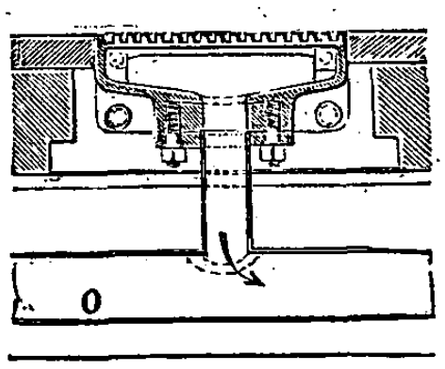


Fig. 75. — *Coupe.*

Appareil de l'Est. Il s'agissait de supprimer ces inconvénients, ce qui fut réalisé en 1874. Le type adopté à cette époque présentant les dispositions maintenues jusqu'à ce jour, nous en donnons la description.

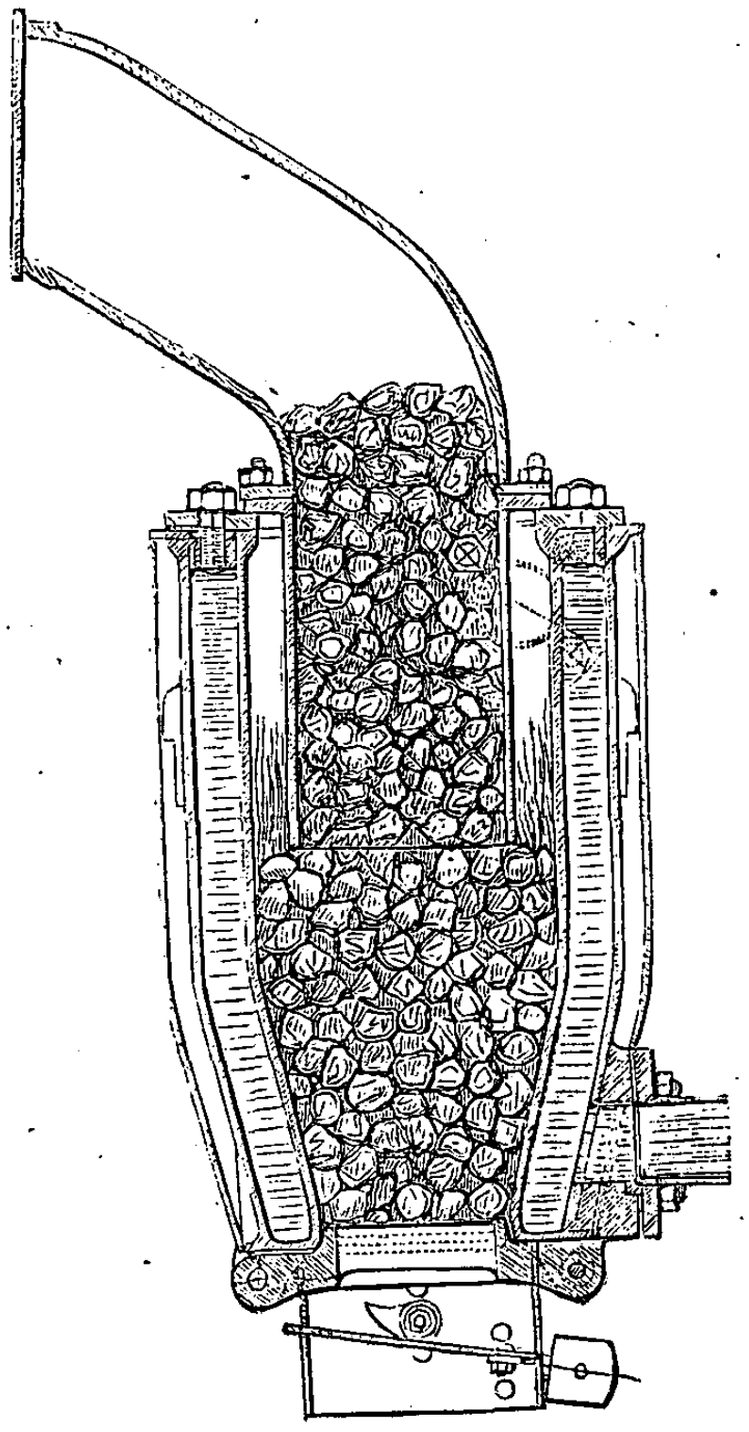


Fig. 76. — *Chauffage par le thermo-syphon (Est-Français), chaudière.*

Chaufferettes. Les chaufferettes en fonte sont encastrées dans le plancher entre les sièges de chaque compartiment (fig. 73 à 76).

Le dessus des chaufferettes est strié et présente une surface de rayonnement de $2^m,290 \times 0^m,200$. Chaque chaufferette se raccorde avec la conduite d'eau refroidie placée $0^m,055$ plus bas.

Conduites. Ces conduites sont en cuivre rouge ou en fer et sont fixées sur la face extérieure des brancards. La conduite d'eau chaude est courbée en S entre les chaufferettes, afin de fléchir ou de se redresser suivant la dilatation ou la contraction de la conduite. Les conduites sont enveloppées d'une couche isolée recouverte de peinture, sauf la dernière partie de la conduite de retour qui est laissée découverte afin d'activer la circulation. Le vase d'expansion greffé par une tubulure sur une des conduites est placé sur le plancher dans la voiture sous une des banquettes; un tuyau de trop-plein est placé dans un angle du vase et aboutit au-dessous de la voiture à l'air extérieur. Chaque chaufferette est munie à sa partie supérieure d'un purgeur d'air qui assure son remplissage; ce purgeur passe sous le plancher, se relève dans le dossier et se recourbe au-dessus d'un entonnoir qui conduit à l'extérieur l'eau qui aurait pu monter jusqu'au haut du coude.

Chaudière. La chaudière est suspendue à l'extérieur d'un brancard au moyen d'une ceinture en fer. Elle est composée de 2 parois de $0^m,005$ laissant entre elles un vide de $0^m,030$ qui se remplit d'eau. Elle est munie de tubulures venues de fonte pour les conduites de circulation, la cheminée, la vidange et les attaches de la grille. La trémie, débouchant à l'extérieur par une partie inclinée, pénètre dans le foyer de manière à limiter la couche en combustion; un espace annulaire de $0^m,025$ entoure la trémie et sert de conduite de fumée. Le foyer et la trémie contiennent 6 kilogr. 400 de coke.

La grille est à charnière; sa surface est de $0^{m2},0144$ dont $0^{m2},0065$ de vide. Un cendrier à registre est fixé à la grille. Une garniture en feutre enveloppée de tôle protège la chaudière contre tout refroidissement.

Cheminée. La cheminée part d'une des faces latérales de la chaudière. Elle est munie d'une doublé enveloppe et d'un regard de nettoyage au bas de sa partie verticale. Dans les voitures de 1re classe elle passe sous la traverse de tête et se relève verticalement à l'extérieur du fond de la voiture à $0^m,70$ de l'angle; son diamètre est de $0^m,080$, sa hauteur au-dessus du pavillon est de $0^m,35$. Dans les voitures de 2e et 3e classes, les cheminées montent verticalement le long de la paroi extérieure latérale de la voiture et débordent la corniche de $0^m,130$. Leur section est elliptique de 0.092×0.050 pour les 2e classes,
de 0.095×0.060 pour les 3e classes.

Capacité. La capacité des appareils est de: 80 litres pour la 1re classe, 100 litres pour la 2e classe, 115 pour la 3e classe.

Combustible. Le combustible le plus convenable est le coke de gaz, dont on dépense par heure et par voiture 1 kilogr. 400, soit 0 fr. 056 en marche et 0 kilogr. 800, soit 0 fr. 032 en stationnement. L'allumage doit se faire 2 heures 1/2 avant le départ. On ne charge qu'au bout de 3 heures; mais il faut piquer les feux à des intervalles de 1 heure 1/2 en marche, et de 1 heure en stationnement.

Dépenses d'installation. Avec des tuyaux en fer

et pour des voitures neuves les dépenses s'élèvent à : 510 francs par voiture de 1re classe, ou mixte à 3 compartiments ; 600 francs par voiture de 2e classe, ou mixte à 4 compartiments ; 650 francs par voiture de 3e classe, ou mixte à 5 compartiments.

Résultats calorifiques. Quel que soit le sens de la marche, la température moyenne des chaufferettes est de 59° avec des écarts moyens de 4°. La température intérieure est en moyenne de 10° supérieure à celle de l'extérieur ; l'écart moyen est de 4 à 5° d'un compartiment à l'autre. La partie inférieure se trouve à une température supérieure de 2° à celle des couches voisines du pavillon.

L'ouverture des portières pendant 10 à 15 minutes produit un abaissement moyen de 2° dans le compartiment et de 7° au contact des chaufferettes. Cette perte se répare en 40 minutes.

Inconvénients. Ce système présente des inconvénients : celui de la lenteur du premier allumage et celui du danger de congélation des conduites. On pourrait remédier à la congélation en faisant dissoudre dans l'eau soit un sel, soit de la glycérine ; mais les sels corrodent les métaux, et l'emploi effectif de la glycérine exigerait une notable dépense. Les expériences faites à la Compagnie de l'Est prouvent que le maintien en feu de tous les appareils est le moyen le plus économique de remédier aux deux grands inconvénients du chauffage par le thermo-syphon.

Nous citerons encore la gêne d'avoir, par les temps doux, sous les pieds, une plaque d'eau chaude que l'on ne peut déranger comme on le ferait des chaufferettes mobiles. La Compagnie de l'Est a remédié en partie à cet inconvénient en disposant le tapis de parquet de manière à en recouvrir à volonté la chaufferette. On essaie en outre l'emploi de robinets de réglage placés sur la conduite d'arrivée. Le thermo-syphon présente enfin quelque faible danger d'incendie, et le désavantage de condamner le matériel en cas de réparation de l'appareil de chauffage.

E*bis*. **Bouillottes mobiles.** « Le Chauffage par les bouillottes mobiles n'exige aucune modification au matériel roulant ; elles sont indépendantes de ce matériel de telle sorte que les avaries de l'appareil de chauffage n'entraînent pas l'immobilisation des voitures. Enfin, tout compte fait, ce mode de chauffage est le moins coûteux. »

Toutes les Compagnies françaises emploient actuellement la bouillotte mobile dans les voitures de toutes classes. Les compartiments de 2e et 3e classes ne sont chauffés que dans certaines conditions de durée de parcours (2 heures de marche, ou 200 kilomètres de trajet). Les compartiments de dames de toutes classes sont toujours chauffés. L'Est, le P. L. M. et l'Orléans emploient une chaufferette de section ovale de 0m;200 sur 0m,078 en tôle étamée, renforcée d'un cercle de laiton à chaque extrémité. Une ouverture placée à l'un des bouts et fermée par un bouchon à vis sert à les vider et à les remplir. La chaufferette de P. L. M. et d'Orléans est recouverte de moquette, ce qui est incompatible avec le système de réchauffage par immersion employé à l'Est. Le Nord et l'Ouest ont une chaufferette en forme de caisse plate dont le dessus bombé porte le bouchon logé dans une cavité emboutie. Le dessous et les deux bouts sont garnis de bois pour amoindrir l'usure des tapis et faciliter le maniement.

Dépenses. Avec les appareils ordinaires de chauffage de l'eau des chaufferettes, la dépense est de 0 fr. 14 par chaufferette, y compris l'intérêt, l'amortissement et les frais de réparation.

Résultats calorifiques. La chaufferette n'a en moyenne que 78° au moment de son introduction dans la voiture ; sa température s'abaisse à 33° après 3 heures 45 minutes de voyage. Uue heure après la mise des chaufferettes dans les voitures, les ouvertures restant closes, la température intérieure est portée en moyenne à 7° au-dessus de celle de l'extérieur. Pour augmenter la température initiale de la chaufferette, on emploie l'injection de vapeur à 5 atmosphères, dans certaines Compagnies anglaises, sur les chemins de l'État autrichien et à la Compagnie d'Orléans.

Injection de vapeur à la Compagnie d'Orléans. Afin d'éviter le vidage et le remplissage des bouillottes, la Compagnie d'Orléans manœuvre les chaufferettes au moyen d'un chariot tricycle, portant un casier de 20 chaufferettes. Ce casier bascule autour de 2 tourillons, de manière à placer les chaufferettes horizontalement ou verticalement à volonté. Le tricycle étant chargé, on l'amène redressé dans le local des chaudières, on débouche les bouillottes et on les place sous un jeu de 20 robinets à vapeur que l'on abaisse dans les goulots. Ces 20 robinets communiquent avec la chaudière au moyen d'un tuyau de vapeur muni d'un robinet. On ouvre ce dernier robinet, la vapeur pénètre dans les chaufferettes ; quand leur température est au degré voulu, on ferme le robinet d'introduction, en relève les tubes, on retire le chariot, on bouche les bouillottes qui se conservent longtemps chaudes grâce à leur juxtaposition dans le casier. Le bouchon des chaufferettes d'Orléans se manœuvre rapidement par un mouvement à bayonnette au lieu d'une fermeture à vis.

Réchauffage par l'immersion sans bouchage ni débouchage. (Compagnie de l'Est.) Pour éviter le bouchage et le débouchage, la Compagnie de l'Est emploie dans ses gares principales le mode d'immersion pendant 5 minutes des chaufferettes bien bouchées dans un bain d'eau chaude. Cet appareil, imaginé et exécuté par M. Regray, « est une sorte de noria composée de deux chaînes sans fin, dont les maillons successifs peuvent recevoir chacun une chaufferette et qui plongent dans un puits rempli d'eau chaude. Un tambour, animé d'un mouvement continu, amène successivement les maillons à la hauteur convenable, d'un côté pour le chargement de la bouillotte froide, de l'autre pour l'enlèvement de la bouillotte réchauffée. Des courbes directrices font pivoter les maillons de manière que les manœuvres d'introduction et de sortie de chaque chaufferette s'opèrent en quelque sorte automatiquement.

« L'eau du puits est maintenue à une température voisine de 100° par la condensation d'un jet de vapeur provenant d'une chaudière spéciale. Le

trop plein résultant de la condensation de la vapeur se rend dans une bâche où l'eau est reprise pour l'alimentation du générateur.

« Une petite locomobile à pompe de deux chevaux sert à cette alimentation et donne en même temps aux tambours de la noria le mouvement nécessaire. La force absorbée par la rotation de l'appareil est d'ailleurs insignifiante, et un homme pourrait parfaitement le faire mouvoir à la main (fig. 77 à 79). »

L'immersion est exactement de 5 minutes et se fait d'une manière continue ; l'appareil immergeant à la fois 24 chaufferettes, produit donc 288 chaufferettes à l'heure, qui se placent et s'enlèvent à des

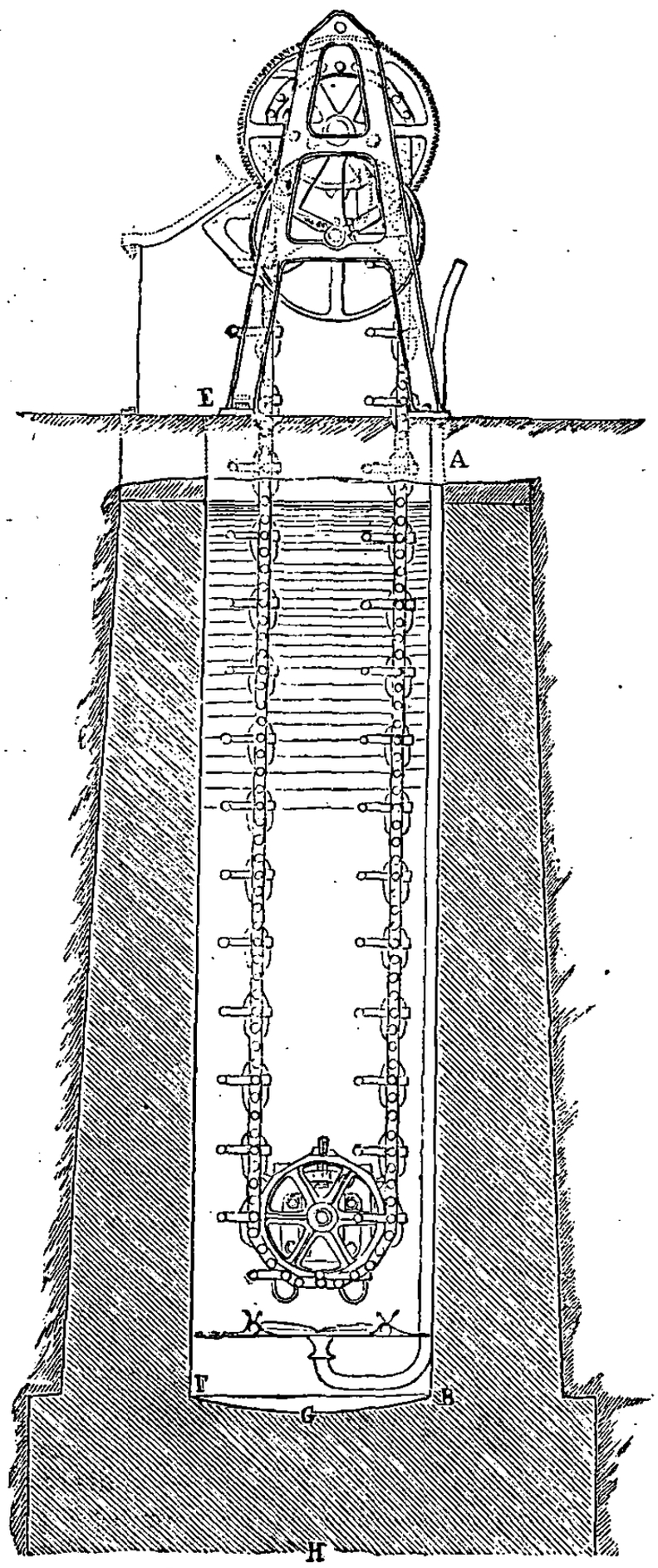


Fig. 77. — *Coupe ABCD.*

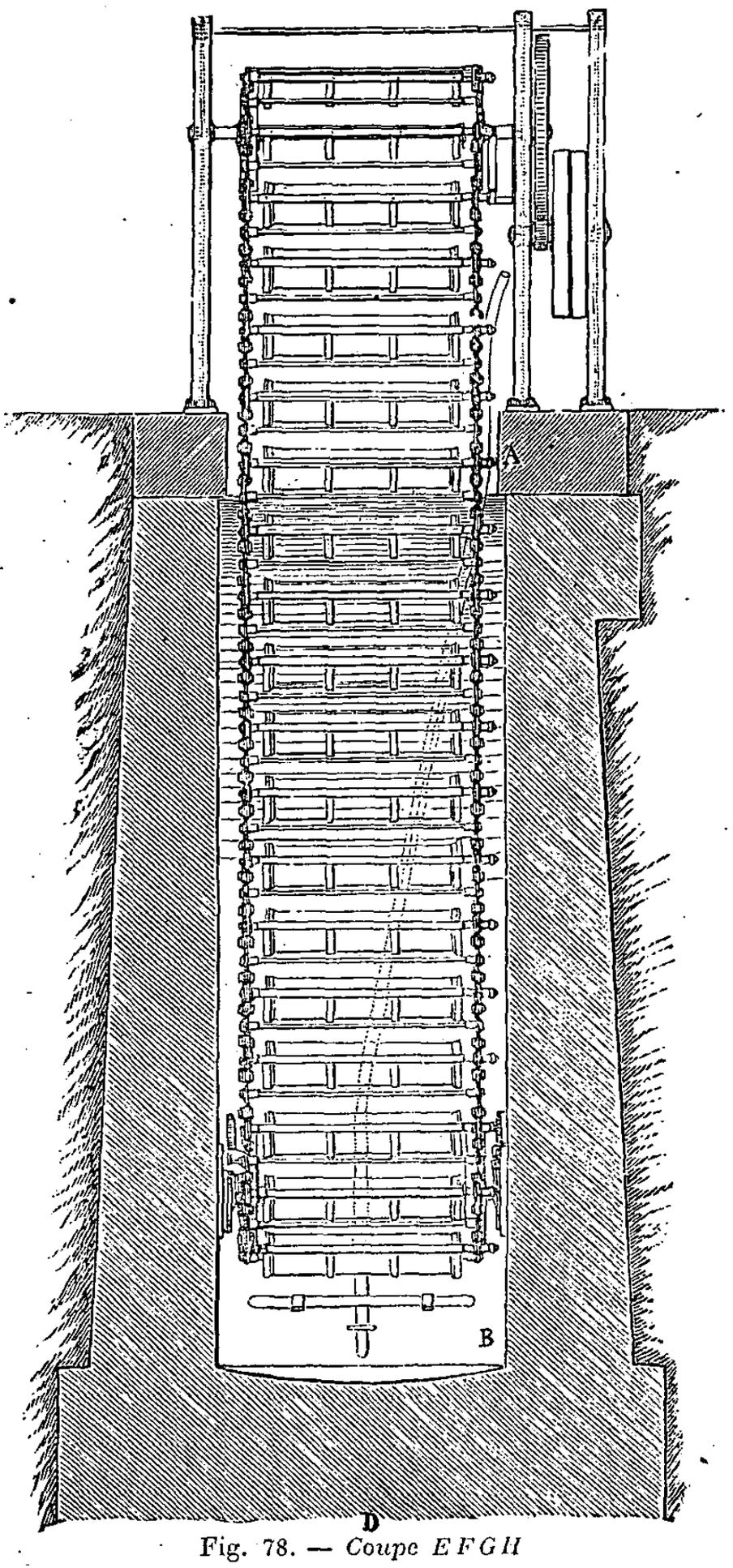


Fig. 78. — *Coupe EFGH*

Chauffage par les bouillottes (Est-Français). Appareil à Noria.

intervalles de 12°5. La gare de l'Est à Paris utilise deux norias, qui assurent parfaitement le service.

Calcul de la force. « Comme il faut dépenser 982 calories pour porter de 0° à 90° une chaufferette remplie d'eau, le réchauffage de 576 bouillottes exigera $982 \times 576 = 565{,}632$ calories. Soit une consommation de :

$$\frac{565{,}632}{560} = 1010 \text{ kilogrammes de vapeur.}$$

« La production des générateurs fixes variant entre 12 et 20 kilogrammes de vapeur par mètre carré et par heure, la surface de chauffe devrait donc être comprise entre 84 et 50 mètres carrés, s'il s'agissait d'assurer ce travail maximum sans interruption ; mais, en fait, il suffira d'une chaudière beaucoup plus faible, pourvu que celle qu'on adoptera permette d'emmagasiner, pendant les arrêts, la quantité de vapeur nécessaire au

réchauffage du bain pendant le mouvement de la noria. Dans ces conditions, une chaudière de 40 mètres carrés de surface de chauffe suffit parfaitement. »

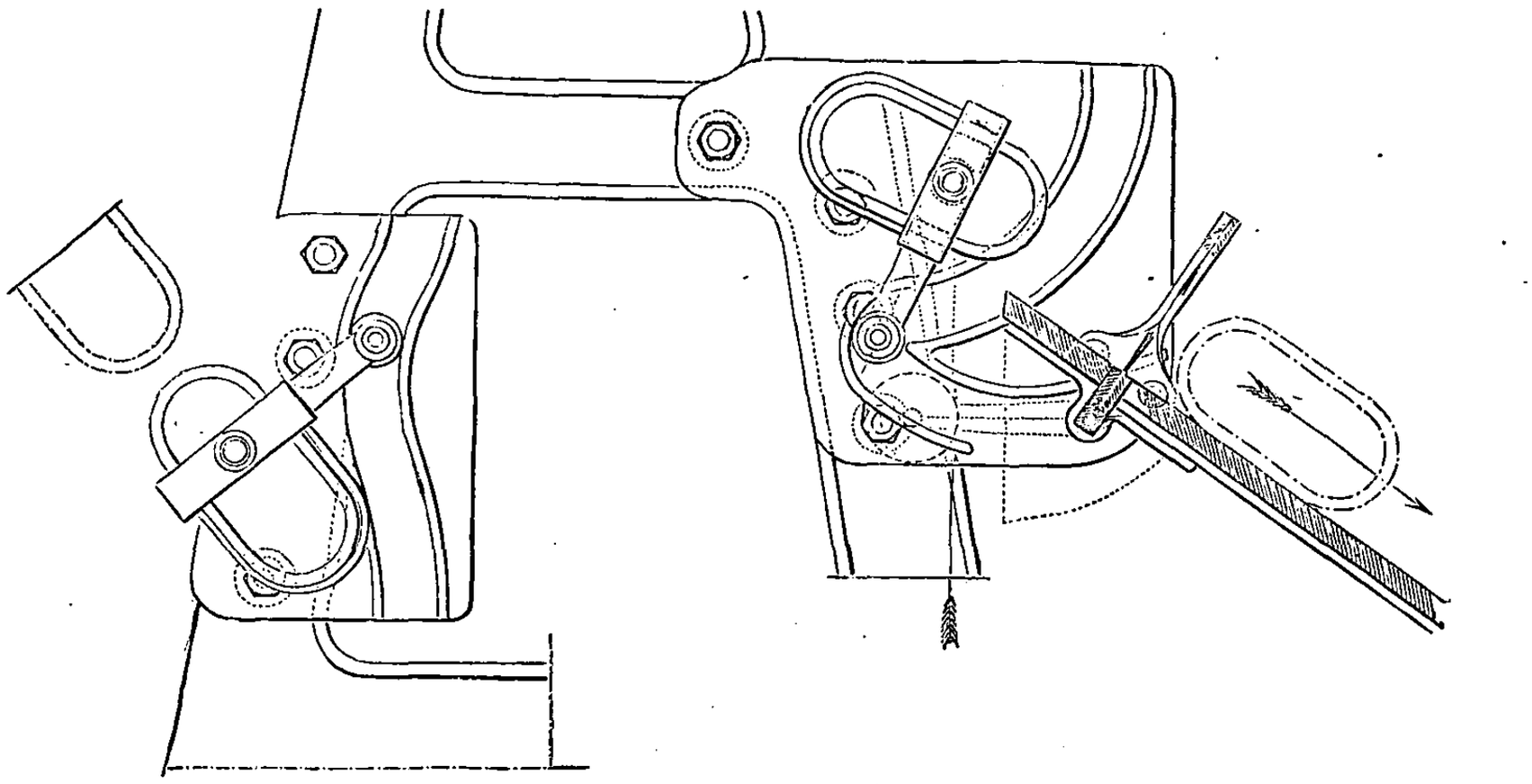


Fig. 79. — *Chauffage par les bouillottes (Est-Français). Appareil à Noria. Chargement et déchargement des bouillottes.*

§ VI. ESSAIS ET EXPÉRIENCES DE LA COMPAGNIE DE L'EST SUR DES SYSTÈMES DIVERS.

A. **Chauffage par les poêles.** « Malgré les résultats calorifiques élevés constatés dans nos essais, nous pensons que l'on ne peut chauffer par des poêles les voitures françaises de 3e classe. Nos expériences établissent en effet :

« Que ce mode de chauffage est malsain et, à la longue, dangereux pour la santé publique, puisque la tête des voyageurs se trouve exposée à une température beaucoup plus élevée que la partie inférieure du corps ; que le compartiment du milieu de la voiture ne peut être occupé sans inconvénients graves, à cause des hautes températures qui s'y produisent ; enfin, que les compartiments extrêmes sont peu ou point chauffés.

De plus, l'installation du poêle dans l'intérieur de la voiture nécessite la suppression d'une stalle et réduit ainsi le nombre des voyageurs transportés par véhicule. Quant à l'application d'un pareil système de chauffage, à chaque compartiment de 1re et de 2e classe, il n'y fallait évidemment pas songer. Les expériences sur les poêles ont été de peu de durée, les voyageurs ayant unanimement manifesté la plus vive répugnance pour ce mode de chauffage qu'ils cherchaient à combattre en ouvrant complètement toutes les fenêtres.

B. **Chauffage par l'air chaud.** 1° *Système Granvallet et Kiénast.* Une caisse en fonte est suspendue au châssis, vers le milieu de la voiture. Cette caisse contient un serpentin en cuivre rouge destiné à la circulation de l'air chaud. Au milieu des spires du serpentin est placé un panier plein de combustible (briquette ou braise nitratée). C'est le mouvement même du train qui détermine la circulation de l'air dans le serpentin et son introduction dans la voiture. Les résultats de ces expériences furent négatifs. L'appareil fut donc rejeté définitivement.

2° *Système Mousseron, essayé en* 1873-1874. Le foyer était fixé à l'extérieur de la caisse, vers le milieu d'un des brancards. Trois enveloppes placées autour du foyer composaient deux chambres où l'air extérieur venait affluer par l'effet de la marche du train pour alimenter quatre bouches de chaleur placées dans la voiture. La cheminée passait au milieu d'une cloison et contribuait au chauffage. L'effet calorifique était, en marche, de 7° au-dessus de la température extérieure. On a constaté 9°,5 de plus près du pavillon que près du plancher.

L'appareil présentait plusieurs inconvénients : difficulté de visite et de nettoyage, exiguïté du foyer, réparation fréquente de la couche réfractaire du foyer, incommodité et danger du voisinage de la cheminée, installation difficile et coûteuse.

Après avoir essayé d'améliorer ce système, la compagnie de l'Est a été amenée aux conclusions suivantes :

« 1° L'air chaud se distribue à l'intérieur de la voiture suivant la loi des densités, de manière que les voyageurs ont toujours la tête plus chaude que les pieds · 2° les essais que nous avons faits pour ramener la chaleur sous les pieds nous ont conduits à des dispositions coûteuses, compliquées et peu pratiques ; 3° l'air chaud avait fréquemment une odeur très désagréable, provenant d'un faible tamisage des gaz de la combustion à travers les parois métalliques chauffées ; 4° les voyageurs de 1re et 2e classes se plaignaient de maux de tête et fuyaient les compartiments chauffés à l'air chaud ; les voyageurs de 3e classe, au bout de quelques heures de séjour, ouvraient les portières en grand de sorte que le bénéfice du chauffage était complètement perdu.

C. **Chauffage à l'aide de charbons agglomérés.** 1° *Système Grandjean essayé à*

la compagnie de l'Est. Entre les banquettes et sous les pieds des voyageurs est un grillage recouvrant une chaufferette de 0m,300 de largeur sur 2 mètres de longueur. Cette chaufferette est une caisse à triple paroi où l'on introduit à droite et à gauche du compartiment un panier en tôle garni de charbon de Paris incandescent par un couvercle mobile pratiqué dans le plancher, dans l'intérieur même de la voiture. L'air pour la combustion pénètre par un clapet placé au bout et s'échappe par des tubes horizontaux placés au milieu et dans l'axe de la voiture.

L'air à échauffer pénètre par des trous pratiqués dans les tôles debout entre les enveloppes et se dégage dans la voiture par une bouche de chaleur pratiquée dans le milieu de la tôle supérieure. Pour chaque compartiment chauffé le prix d'installation est de 150 francs et la dépense de chauffage est de 0,064.

Inconvénients. Des nombreux inconvénients qu'offre la chaufferette Grandjean, le plus grave est l'introduction, dans la voiture, des produits de la combustion. Le joint entre les couvercles des foyers et le dessus de la chaufferette ne peut être parfaitement étanche; aussi a-t-on trouvé que, deux heures après l'allumage, l'air recueilli à la surface du plancher contenait 0,9 0/0 en volume d'acide carbonique. Lorsque le compartiment chauffé a été mis à la disposition des voyageurs, ceux-ci ont été souvent atteints de maux de tête après quelques heures de séjour dans la voiture; ils se plaignaient également de la mauvaise odeur dégagée par l'appareil. L'introduction de paniers remplis de charbons incandescents, par l'intérieur des compartiments, est une cause de dégâts et d'incendie. On ne pourrait évidemment pas constater l'état des foyers ni les recharger en cas d'extinction si les voitures étaient occupées par des voyageurs. Les améliorations successives apportées par la compagnie de l'Est à ce mode de chauffage ont abouti à son abandon. En effet, « la possibilité de chauffer des voitures au moyen de charbons agglomérés brûlant dans des chaufferettes, nous semble dépendre exclusivement de la nature et du prix du combustible employé. De notables progrès ont été faits dans la fabrication de ces charbons qui atteignent presque les conditions voulues de qualité et de durée au feu; mais, ces combustibles coûtent encore 300 francs la tonne, et tant qu'on ne sera pas parvenu à les produire à 100 francs au maximum, il n'est point téméraire de dire qu'ils n'entreront pas dans le domaine pratique. Le chauffage des voitures ne peut, en effet, être appliqué d'une manière générale que s'il est susceptible d'une solution économique. »

§ VII. ESSAIS DE SYSTÈMES DIVERS PROPOSÉS POUR LE CHAUFFAGE DES VOITURES.

De nombreux systèmes que l'on peut classer dans l'une ou l'autre des sept catégories adoptées ci-dessus ont été présentés pour le chauffage des voitures.

Le cadre de cet article ne nous permet de citer que ceux qui ont donné lieu à des essais.

1° *Chauffage au moyen de la chaux vive éteinte.* La chaux se refroidit plus vite que l'eau en raison de son infériorité comme capacité calorifique. La pratique de ce système serait coûteuse, difficile et dangereuse.

2° *Thermo-syphon de M. Lemonnier chauffé par une lampe.* Ce chauffage coûterait en huile seulement 0 fr. 225 par voiture de 3e classe et par heure. Le service des lampes serait encombrant. Les expériences du Grand-Central Belge sur le système Lemonnier ont été abandonnées.

3° *Chauffage Belleroche par l'eau chaude circulant d'un bout à l'autre du train.* Ce système a été appliqué à titre d'essai en Belgique et en Hollande. Des chaufferettes fixes, en fonte, sont établies dans le plancher des voitures; elles sont divisées intérieurement, au moyen d'une cloison, en deux demi-chaufferettes, l'une à gauche, l'autre à droite. L'ensemble de toutes les demi-chaufferettes de chacun des côtés du train est relié, dans les voitures, par des tuyaux en fer et en fonte avec joints élastiques entre les voitures. Le tout constitue deux conduites symétriques, l'une d'aller, l'autre de retour, qui règnent dans tout le train et qui sont parcourues par un courant d'eau chaude, en sorte que la moyenne des températures des demi-chaufferettes d'un compartiment est la même d'un bout du train à l'autre. Le circuit chauffeur a son origine à deux robinets intercalés sur les deux injecteurs de la locomotive et qui font dériver vers le train une fraction variable à volonté de 0 à 100 0/0, de l'eau d'alimentation de la chaudière. Le circuit aboutit, après avoir parcouru le train, à la prise d'eau des injecteurs au tender.

Un robinet de forme spéciale, permet de renverser le retour en aller et l'aller en retour.

Le prix d'installation du système revient environ à 800 francs par voiture. Les frais de main-d'œuvre se bornent à la mise en train et à la vidange. Ce mode de chauffage peut être employé en remplaçant la locomotive par un fourgon-chauffeur. Les inconvénients de ce mode de chauffage sont les suivants :

1° Inégalité de chauffage en tête et en queue du train. Différence de un degré entre les températures moyennes de deux voitures consécutives; 2° la circulation s'établit et se maintient sous pression. D'après M. Belleroche, la résistance des conduits équivaut à une tension par véhicule de 0atm.,35 pour la mise en train du chauffage, et 0atm.,10 pour le chauffage en marche. Pour un train de vingt-quatre véhicules, les pressions correspondantes pourraient n'être pas sans danger; 3° application difficile de ce système aux trains de composition variable dans les stations intermédiaires. Impossibilité d'éviter, dans certains cas, l'introduction de l'air dans les conduites; 4° stationnement trop prolongé de la machine en tête du train avant le départ.

4° *Chauffage par les briquettes.* La compagnie du Nord a mis en essai, en 1878, dans quelques voitures de 3e classe, un appareil à combustibles agglomérés reproduisant les dispositions générales des appareils allemands. Cette expérience a mis en évidence les inconvénients suivants :

1° Le service par l'entrevoie est difficile et dan-

gereux; 2° le service par le quai gêne la circulation et sème sur le quai, souvent encombré de monde, des débris de briquettes enflammées; 3° le garnissage de deux appareils demande à deux hommes 4 à 5 minutes; 4° la combustion n'est pas régulière et les extinctions sont fréquentes.

5° *Chauffage par l'acétate de soude.* M. Ancelin, chimiste, a récemment imaginé d'appliquer au chauffage des chaufferettes ordinaires, au lieu d'eau chaude, l'acétate de soude liquéfié au bain-marie. Une société s'est fondée sous le nom de Compagnie parisienne de l'acétate de soude pour exploiter ce brevet. Le chemin de Paris-Lyon-Méditerranée, le chemin de l'Etat français (Orléans à Châlons), le chemin de fer de l'Ouest français et le London and North Western ont appliqué ce système. Le chemin de Paris-Lyon-Méditerranée y a provisoirement renoncé; mais la compagnie de l'Ouest a employé pendant l'hiver 1881-1882, 1,000 chaufferettes et le North-Western a traité pour 3,000 chaufferettes avec la Compagnie parisienne.

De plus, des lignes de l'Espagne, du Portugal et de l'Italie vont, paraît-il, suivre le mouvement imprimé par la compagnie de l'Ouest.

Ce chauffage est basé sur la propriété qu'a l'acétate de soude de fondre au-dessus de 59° et de dégager en se cristallisant au-dessous de cette température sa chaleur latente de manière à conserver pendant plusieurs heures une température voisine de 50°. Pour se refroidir de 80° à 50°, l'acétate de soude émet environ quatre fois plus de chaleur que l'eau. En effet, l'acétate à six équivalents d'eau employé au chauffage possède une chaleur latente de fusion à 59° égale à 94 calories; sa capacité calorifique à l'état liquide est de 0,75 et à l'état solide de 0,32 d'où il résulte que ce corps passant, par exemple, de 80° à 50° émet en calories pour la capacité d'une chaufferette = 10 litres ou 12^{k},8.

1° de 80° à 59° liquide : $12^{k},8 \times 0,75 \times 21 = 201°6$
2° de 59° liquide à 59° solide : $12^{k},8 \times 94 = 1203.2$
3° de 59° solide à 50° : $12^{k},8 \times 0,32 \times 9 = 36.86$

Total en calories..... 1441.66

Le même poids d'eau passant de 80° à 50° abandonnerait :

$10 \times 30 = 300$ »

La puissance calorifique de l'acétate de soude est donc dans les limites ci-dessus plus de quatre fois supérieure à celle de l'eau.

D'autre part l'emploi de l'acétate de soude dans les chaufferettes présente les difficultés suivantes :

1° Le temps nécessaire pour porter une chaufferette à 80° est d'environ une heure et demie ce qui peut gêner considérablement le service; 2° la dilatation de l'acétate par le refroidissement est de un dixième et occasionne de graves détériorations de chaufferettes; 3° l'acétate de soude a été choisi pour le chauffage des voitures en raison de sa propriété de se congeler à 59° et d'émettre à ce moment une quantité considérable de chaleur latente. Si ce point de congélation et d'émission était plus haut ou plus bas, le but ne serait pas atteint; or, l'acétate présente à un haut degré l'inconvénient de la *surfusion*. La surfusion est la persistance de l'état liquide d'un corps au-dessous de son point normal de solidification. Ainsi, le point de solidification de l'acétate de soude étant de 59°, si le corps persiste dans l'état liquide à une température inférieure à 59°, il y a surfusion Ce phénomène est fréquent dans les chaufferettes d'acétate de soude qui alors se refroidissent jusqu'à ce qu'une cause déterminante ait provoqué la congélation, l'émission de la chaleur latente et l'élévation tardive de la température.

On n'est pas encore arrivé à être complètement maître de la surfusion; on n'est même pas arrivé précisément à en déterminer les causes. On pense qu'elle provient principalement de l'introduction de l'eau par les ouvertures naturelles ou accidentelles des chaufferettes, de manière que la matière ne répond plus à la condition de ne contenir que six équivalents d'eau. $NaOC^{4}H^{3}O^{3}+6HO$. Les chaufferettes froides se réchauffent en effet au bain-marie et la moindre fissure altère leur contenu. Il faut donc une fermeture hermétique que l'on cherche à réaliser, soit par le serrage énergique du bouchon sur une rondelle en plomb, soit par une masselotte de soudure dont on recouvre le bouchon. L'inventeur conseille, en outre, d'introduire dans la chaufferette un tube percé de trous et contenant de l'acétate de soude anhydre destiné à fournir un équivalent à l'eau introduite accidentellement en excès.

De son côté la compagnie de l'Ouest introduit dans ses chaufferettes de petites boules métalliques creuses en bronze remplies d'acétate anhydre, et destinées à faciliter la solidification par les vibrations imprimées en marche à la matière et à créer des centres favorables à la cristallisation. Pour combattre la détérioration des chaufferettes, le North-Western laisse un vide de un dixième dans le remplissage de ses chaufferettes. Les chaufferettes sont remplies une première fois avant leur mise en service avec de l'acétate fondu à feu nu dans une chaudière spéciale. Leur réchauffage se fait dans des bâches d'eau chauffées par un courant de vapeur.

L'appareil réchauffeur de l'Ouest contient 24 chaufferettes que l'on introduit dans les cases d'un panier suspendu au couvercle, de telle manière que les chaufferettes placées horizontalement quand le couvercle est levé se redressent verticalement quand elle sont plongées dans l'eau chaude.

L'acétate employé coûte 80 à 90 francs, l'appareil réchauffeur coûte environ 2,000 francs, et l'appareil de remplissage 900 francs.

6° *Chauffage Radelet.* M. Radelet, chef d'atelier du chemin de fer du prince Henri (grand duché de Luxembourg), a imaginé de garnir une chaufferette en tôle, de section ovale, de *laine de scorie* récoltée dans les hauts fourneaux et d'y introduire une barre de fer chauffée au rouge et emprisonnée dans une enveloppe métallique fermée. Le fer ayant une grande capacité calorifique

est, de tous les métaux usuels, celui qui convient le mieux pour le barreau réchauffeur. La barre de fer communique sa chaleur à travers son enveloppe à la laine de scorie très mauvaise conductrice du calorique. Celle-ci transmet lentement la chaleur à travers l'enveloppe de la chaufferette au compartiment où elle est déposée.

La chaufferette se manœuvre comme la bouillotte ordinaire; mais, en raison de l'énorme chaleur que développe l'appareil dans les premières heures de sa mise en place, M. Radelet suggère l'idée de le dissimuler sous le plancher, dans un encastrement *ad hoc*. Les barres sont chauffées dans un four analogue à celui des laminoirs. Cette chaufferette a été mise en pratique sur les lignes du prince Henri.

La compagnie de l'Est en a fait des expériences d'où il est résulté :

1° Que l'élévation de la température de la chaufferette à sa surface extérieure s'est élevée au bout d'une heure : pour une température initiale du barreau de 1377 à 175°, pour une température initiale du barreau de 1250 à 155°, pour une température initiale du barreau de 800 à 100°; 2° qu'à la deuxième heure cette température commence à décliner rapidement, mais qu'au bout de sept heures et demie elle est encore de 40°, 55° et 60°; 3° que, à partir de 100°, chaleur maxima des bouillottes, à eau, la température des chaufferettes Radelet diminue plus vite que celle des bouillottes, ce qui en détruit les avantages; 4° que le poids de la bouillotte est de 58 kilogrammes. L'application de la chaufferette Radelet étant toute récente, il n'est pas encore possible de formuler à son sujet une opinion définitive.

Résumé. Les solutions adoptées sont au nombre de sept, appliquées toutes en Allemagne, en Autriche et en Suisse. En Angleterre, la bouillotte d'eau chaude est généralement en usage comme en France et en Italie.

En Amérique, le système le plus répandu est un chauffage à l'eau chaude.

Sur cinquante-huit administrations du continent européen, quarante-quatre ont choisi des appareils distincts par voiture; quatorze seulement font usage d'appareils exigeant la communication des véhicules.

Les compagnies françaises ont pris pour programme de rejeter tout système exigeant la solidarité des voitures.

On a vu, lors de l'examen de chaque système, les critiques auxquelles il donne lieu. Dans les conditions climatériques de la France, l'eau chaude appliquée au chauffage des pieds des voyageurs doit avoir la préférence.

« Sur ce programme, dit M. Regray, en terminant son ouvrage, toutes les compagnies françaises se sont mises à l'œuvre, et nous croyons savoir que, dès l'hiver prochain, les compartiments de toutes classes des trains de grand parcours seront munis de chaufferettes à eau chaude fixes ou mobiles. Si on veut bien se reporter à ce qui se passe actuellement à l'étranger, et au chaos qui enveloppe encore la question dans le pays où les procédés sont les plus nombreux et les plus multipliés, on restera convaincu que la France n'aura bientôt plus rien à envier, sous ce rapport, aux autres nations. Elle aura su profiter, cette fois, de l'expérience acquise chez ses voisins et elle n'aura qu'à s'applaudir de s'être arrêtée à une solution que le temps a mûrie et que l'étude a consacrée. » — L.-P. D.

Chauffage des vins. M. Pasteur, dans le but de permettre la conservation facile du vin, a eu l'idée de le soumettre à une chaleur progressive de 6°, température à laquelle les ferments seraient détruits ; les vins refroidis progressivement toujours à l'abri de l'air, sortent à 2° sans avoir perdu aucune de leurs qualités. — V. Vin.

CHAUFFE. *T. techn.* : 1° Se dit de la conduite des feux; 2° des opérations qui s'y rattachent; 3° des outils employés; 4° des lieux où sont situées les chaudières ; 5° des diverses parties des chaudières.

On distingue deux sortes de chauffe qui se définissent d'elles-mêmes : la chauffe à feux plus ou moins retenus, *chauffe lente* ou *moyenne ;* celle à feux poussés ou *chauffe forcée*, à toute vapeur. Dans les circonstances ordinaires du service, on doit donner la préférence à la chauffe moyenne, parce qu'en agissant ainsi on utilise mieux la puissance calorifique du combustible. Pendant la chauffe moyenne : on ouvre moins souvent les portes des fourneaux, les rentrées d'air froid par dessus la grille sont donc moins fréquentes ; la couche de charbon n'a pas besoin d'être aussi souvent remuée, moindre production d'escarbilles ; la chaleur dans le foyer est moins vive, les tôles et les rivures des tubes souffrent moins ; la fumée est moins abondante, économie de charbon ; la température du gaz à la sortie de la cheminée est moins élevée, diminution de la perte de calorique par la cheminée.

***CHAUFFE-ASSIETTE.** Appareil qui sert à faire chauffer les assiettes avant et pendant le repas ; dans les grands établissements, il consiste en une sorte de coffre en tôle fermé par une porte à deux battants et chauffé par une petite rampe à gaz située à sa partie inférieure ; il est divisé en plusieurs étages destinés à recevoir les assiettes.

***CHAUFFE-BAIN.** — V. Bain.

***CHAUFFE-DOUBLE.** *T. techn.* Cuisson de l'eau-de-vie seconde avec de nouveau vin.

***CHAUFFE-LINGE.** *T. techn.* Sorte de panier qu'on place sur un réchaud pour faire chauffer du linge.

***CHAUFFE-MOÛT.** *T. techn.* Sorte de bassine qui reçoit le moût avant son introduction dans la chaudière. — V. Brasserie.

***CHAUFFE-PLAT.** Compartiment fermé que l'on ménage dans un poêle de salle à manger pour faire chauffer les plats.

CHAUFFER. *T techn.* Allumer le feu d'une chaudière, d'un four. || *Chauffer au rouge,* c'est pousser la chaleur au point que le fer qu'on y expose devienne rouge. || *Chauffer à blanc,* c'est chauffer un objet au point qu'il devienne blanc, ce qui exige une température très élevée. || *T. de*

mar. Chauffer les bordages, les exposer à une vive chaleur, afin de leur faire prendre les formes courbes que nécessite la construction. || *Chauffer la carène,* brûler de la paille sous la carène pour en fondre le brai, tuer les vers et détruire les corps qui masquent les chevilles et les trous.

* **CHAUFFERETTE.** Sorte de boîte garnie de tôle à l'intérieur et munie d'un couvercle de métal percé de trous ; on y met des cendres chaudes ou de l'eau chaude pour se chauffer les pieds. On fabrique depuis quelque temps des chaufferettes portatives pour dames, enveloppées d'une garniture de moquette ou autre tissu, dans le but de simuler extérieurement un sac à ouvrage ou autre objet similaire. || Petit réchaud de table qui sert à tenir les viandes chaudes.

CHAUFFERETTIER. *T. de mét.* Ouvrier qui fabrique des chaufferettes.

CHAUFFERIE. T. *techn.* Atelier où l'on chauffe le fer pour le forger. || Four où l'on réchauffe un métal avant de l'étirer. || Partie d'un four à briques.

CHAUFFEUR. *T. de mét.* Ouvrier chargé de la conduite et de l'entretien du feu dans un foyer de four industriel ou de chaudière à vapeur, par exemple. Le chauffeur est placé généralement sous la direction d'un ouvrier spécial qui conduit le four ou la machine alimentée par la chaudière à vapeur, et il se guide d'après ses indications pour la conduite de son foyer. Dans les fours à puddler, par exemple, l'état du foyer, la température et la composition des gaz dégagés qui viennent se brûler sur la sole du four exercent une influence prédominante sur la réaction développée dans le laboratoire, dans l'affinage du bain de fonte, etc... et on comprend que la conduite du feu doit être alors essentiellement subordonnée au succès de l'opération sans trop s'attacher à réaliser des économies de combustible. Il en est de même dans la plupart des opérations métallurgiques, le rôle du chauffeur présente une grande importance tout en exigeant moins d'initiative, et nous ne rappellerons pas ici les règles à suivre pour la conduite du feu, règles qui varient d'ailleurs suivant les cas particuliers : nous nous attacherons aux foyers ordinaires, comme ceux des chaudières à vapeur, par exemple, dans lesquels on cherche seulement à obtenir une température élevée tout en économisant le combustible sans utiliser non plus les gaz dégagés pour aucune réaction chimique. Le chauffeur n'a plus alors qu'à maintenir constante, par exemple, la pression dans sa chaudière pour suppléer aux dépenses de vapeur ; il peut développer alors plus d'initiative, et la dépense de charbon dépend en grande partie de son habileté à conduire le feu.

Il est presque inutile de rappeler que le chauffeur d'une chaudière à vapeur doit veiller avant tout à prévenir les accidents ; il a sous les yeux, et il ne doit jamais perdre de vue le manomètre non plus que le tube indicateur de niveau d'eau, ce qui lui permet de vérifier à chaque instant la pression, il s'assure qu'elle ne dépasse jamais la limite fixée par le timbre, et pour le niveau de l'eau dans la chaudière, il vérifie s'il ne descend pas au-dessous du niveau réglementaire, de manière à ne jamais mettre le ciel du foyer en danger d'être découvert. Il est bon également de vérifier de temps à autre le niveau au moyen des robinets d'épreuve qui sont placés à la main du chauffeur, afin de s'assurer que les indications du tube indicateur en verre sont toujours bien exactes, et que les raccords ne sont pas bouchés. Enfin, le chauffeur doit s'assurer que les appareils d'alimentation, pompes ou injecteurs, sont toujours en bon état et capables de fonctionner en cas de besoin pour n'être pas exposé à se trouver en détresse par suite de manque d'eau.

Pour ce qui concerne la conduite du feu proprement dite, nous ne rappellerons pas ici les principes de la combustion qui sont exposés dans un article spécial (V. Combustion), nous nous bornerons à dire que pour être économique, la combustion doit être bien complète, c'est-à-dire que les gaz dégagés dans la cheminée ne doivent pas contenir d'oxyde de carbone qui emporterait sans profit dans l'atmosphère une proportion très considérable de la chaleur contenue dans le charbon brûlé. Pour y parvenir, il convient d'amener sur la grille, en la répartissant régulièrement, la quantité d'air nécessaire pour brûler le charbon qu'elle supporte, mais en évitant cependant d'en mettre trop, car l'excès d'air ainsi aspiré refroidirait le courant gazeux et diminuerait la température, il est même préférable à cet égard de laisser un peu de fumée pour obtenir une combustion économique. On emploie souvent d'ailleurs des appareils spéciaux dits *fumivores* pour empêcher la production de la fumée ; mais on peut dire en général qu'ils ne sont pas indispensables avec la plupart des houilles françaises, et un chauffeur habile doit arriver à s'en passer. En raison de la grande hauteur des cheminées de la plupart des chaudières industrielles, l'appel d'air est presque toujours trop considérable, et le chauffeur le règle alors en agissant sur des trappes qui permettent de fermer, plus ou moins, la section de la cheminée. Sur les chaudières de locomotives, on obtient en dirigeant la vapeur d'échappement dans la cheminée, l'appel énergique qu'exige la grande vaporisation de ces appareils. Lorsque l'échappement est fermé, on le remplace par le souffleur qui emploie directement la vapeur de la chaudière. On peut encore agir sur l'appel d'air au moyen du capuchon de la cheminée ou des trappes mobiles qui garnissent les faces avant et arrière du cendrier quand il est fermé.

D'autre part, il faut éviter d'amener l'air directement au-dessus de la grille, en laissant ouverte la porte du foyer, car cet air n'arrive pas au contact du charbon incandescent, il se mélange presque toujours imparfaitement avec les gaz combustibles dégagés, et il arrive dans la cheminée sans être brûlé, en ayant refroidi seulement le courant gazeux.

Mais ce qui exerce peut-être l'influence la plus décisive sur la dépense du combustible, c'est la manière d'opérer les chargements et de répartir

le charbon sur la grille. Il faudrait arriver en quelque sorte à amener continuellement sur la grille une quantité de charbon bien proportionnée à l'appel d'air, de manière à obtenir une combustion complète en évitant toute introduction d'air froid par la porte du foyer au moment des chargements. On y réussirait au moyen des appareils de chargement continu, avec des grilles à secousses, opérant mécaniquement le décrassage; malheureusement la plupart de ces appareils sont encore trop compliqués pour entrer dans la pratique courante. Le chauffeur devra donc s'attacher dans les conditions ordinaires, à charger fréquemment, par petites pelletées et en morceaux ne dépassant pas un décimètre cube, et ouvrir le moins possible la porte du foyer pour charger et attiser le feu.

La répartition du charbon sur la grille exige aussi une grande attention de la part du chauffeur, elle varie d'ailleurs avec la nature du charbon employé. Avec des houilles demi-grasses, n'encrassant pas la grille, on emploie avec avantage sur les foyers de locomotives par exemple, la méthode par couche épaisse dans laquelle le charbon est disposé sur la grille en tas incliné de l'arrière vers l'avant. Il s'opère alors à l'arrière une simple distillation du charbon, et les hydrocarbures dégagés sont brûlés par l'air introduit à l'arrière, au-dessus de la grille, au moyen d'un système d'ouverture que le chauffeur gradue à volonté. A l'avant, le charbon est amené à l'état de coke, et se trouve brûlé par l'air appelé sous la grille. Cette méthode a l'inconvénient d'exiger un combustible excellent et des foyers munis d'installations spéciales. Sur les chaudières industrielles, on emploie souvent la méthode par couche mince dans laquelle le charbon est réparti uniformément sur toute la grille par une faible épaisseur, et se trouve brûlé uniquement par l'air qui passe à travers les barreaux. Sur les chaudières de locomotives, il est toujours bon de charger de préférence sur les bords, car les morceaux de charbon roulent toujours d'eux-mêmes vers le centre sous l'influence des trépidations. D'ailleurs, ces méthodes n'ont rien d'absolu, et le chauffeur doit se guider surtout d'après l'aspect de son feu et chercher à obtenir sur toute l'étendue de la grille, une intensité de combustion bien réglée, en jetant les charbons dans les points où le feu est le plus vif. Il y a là une question de tact et d'expérience, et un bon chauffeur arrive toujours au bout de peu de temps, à reconnaître la meilleure répartition à employer, la hauteur à donner à la couche d'après la nature du charbon, la disposition de la grille et celle du foyer. L'habileté du chauffeur exerce, comme nous le disions, une influence des plus considérables sur la consommation du charbon, et dans les compagnies de chemins de fer, par exemple, où la comparaison est particulièrement facile, on observe parfois des différences variant dans des limites très étendues sur les consommations de machines de types identiques. Aussi les Compagnies n'hésitent-elles pas à accorder des primes aux mécaniciens et chauffeurs pour les intéresser à réaliser des économies par une conduite raisonnée du feu. Au chemin de fer du Nord, par exemple, la prime des mécaniciens est de 4 francs par tonne économisée, et elle s'augmente d'un franc par tonne de tout venant employé en remplacement de gros combustible, celle des chauffeurs est de moitié.

Dans les centres industriels, on attache avec grande raison, une importance considérable à avoir de bons chauffeurs, et dans l'impossibilité de créer des écoles, certaines sociétés ont organisé des concours afin de propager les bonnes méthodes et de distinguer les chauffeurs les plus habiles. Nous citerons, par exemple, la Société industrielle d'Amiens, et surtout celle de Mulhouse, dont les concours, autrefois annuels et qui se répètent maintenant tous les deux ans seulement, ont acquis une grande célébrité. A chaque concours, dix concurrents sont tirés au sort parmi les candidats inscrits et prennent part aux essais qui durent deux mois, à raison de quatre ou cinq jours pour chaque concurrent : un ou deux jours sont employés à leur donner des conseils et les indications indispensables pour modifier leurs mauvaises habitudes, et l'essai des trois derniers jours sert à faire un classement définitif. Les six chauffeurs les plus habiles reçoivent des diplômes accompagnés de médailles d'argent et de sommes variant de 100 à 25 francs. — B.

***CHAUFFEUSE.** Chaise basse dont la place est près de la cheminée. || Appareil d'une pièce de *catissage*. — V. ce mot.

***CHAUFFURE.** *T. de métall.* Défaut du métal qui, après avoir été trop chauffé, s'écaille.

***CHAUFOURNERIE.** Industrie qui consiste à fabriquer la chaux.

CHAUFOURNIER. *T. de mét.* Ouvrier qui fait la chaux.

* **CHAULAGE.** Opération destinée à prévenir les incrustations dans les chaudières où l'on évapore les eaux chargées de sel. Ces eaux traitées par un lait de chaux ne présentent plus ces inconvénients.

CHAULER. Pratiquer l'opération du chaulage.

* **CHAUNY** (Manufacture de). Les usines qui appartiennent aujourd'hui à la Compagnie de St-Gobain, Chauny, Cirey, et qui occupent à Chauny deux mille à deux mille cinq cents ouvriers ont fait connaître au monde entier ce centre industriel. Il existe à Chauny deux usines distinctes : celle de doucissage et de polissage des glaces appelée vulgairement le *poli*, et la soudière.

— En 1758 la Compagnie des glaces de Saint-Gobain acheta quelques terrains dans cette localité pour y établir des magasins de matières premières. En 1795, elle acheta les moulins qui faisaient partie de l'abbaye de Saint-Éloi-Fontaine, afin d'y établir les ateliers de doucissage et de polissage. Ce travail se faisait concurremment alors dans les ateliers de Reuilly, à Paris, à l'endroit même où se trouve la caserne actuelle; on y transportait les glaces brutes en surmontant toutes les difficultés résultant non seulement des faibles moyens dont on disposait, mais encore de celles fomentées par les diverses corporations

jalouses des privilèges exorbitants dont jouissait la Compagnie des glaces à cette époque. Ce ne fut qu'en 1830 que l'ancienne usine de Neuilly, où fut installée la première glacerie avec des ouvriers vénitiens, et où l'on ne fit ensuite que le polissage, devint la propriété de l'État. Aussi l'établissement du poli à Chauny fut d'une importance capitale, tant par la faible distance qui sépare cette ville de Saint-Gobain, que par le voisinage de l'Oise et la présence d'une force motrice considérable. Le chemin de fer qui amène les glaces brutes ne fut intallé qu'en 1855. Le 13 juin 1806, la Compagnie des glaces achetait la verrerie de Charles-Fontaine pour y établir une soudière et en 1822, grâce aux conseils de Clément Desormes et Gay-Lussac appuyés par Pelouze, cette usine fut transportée à Chauny et fut en complet fonctionnement en 1830. L'ordonnance qui autorise l'établissement d'une soudière à Chauny est du 20 mars 1822. Dans cette soudière, on fabrique comme alors la soude par les procédés Leblanc, mais avec tous les perfectionnements qu'ont apportés les habiles directeurs qui se sont succédé dans cet immense établissement. La plus grande part de ce succès est due à l'ancien directeur Lacroix, ex-ouvrier que son intelligence, son énergie, et ses connaissances acquises avaient appelé à ces hautes fonctions, et à l'éminent Pelouze dont les vastes connaissances furent si utiles aux progrès chimiques réalisés. — V. Cirey, Saint-Gobain.

CHAUSSE. *T. techn.* 1° Pièce de laine, taillée en capuchon pointu, et dans laquelle on filtre des liqueurs. Les pharmaciens disent *chausse d'Hippocrate.* || 2° *Chausse d'aisances*, tuyau des latrines qui est généralement de poterie revêtue de plâtre. || 3° Outil d'épinglier. || 4° Pièce de drap que les membres de l'Université portent sur l'épaule gauche dans les cérémonies ; on dit aussi *chaperon.* || 5° *Chausse du colback*, partie supérieure du colback, formée d'un morceau d'étoffe qui pend sur le côté. || 6° *Art hérald.* Chevron plein, massif, qui, étant renversé, touche de sa pointe celle de l'écu. || 7° *T. du cost.* — V. Chausses.

CHAUSSÉ, ÉE. *Art hérald.* Se dit de l'écu (écu chaussé) dont le sommet de l'angle est à la pointe d'en bas et au milieu de l'écu, et dont la ligne d'en haut forme la mesure de cet angle.

I. **CHAUSSÉE.** *T. dep. et chauss.* On appelle *chaussée* l'espace réservé au milieu d'une route pour la circulation des voitures. Afin de présenter, par tous les temps, la résistance nécessaire à la pression des roues et aux pieds des chevaux, la chaussée doit être garnie de matériaux durs, soit de cailloux ou de pierres cassées, jetés pêle-mêle, soit de pierres taillées régulièrement et posées à la main ; dans le premier cas, la chaussée est empierrée ; dans le second, elle est pavée.

— Les plus anciennes chaussées de notre pays avaient été établies par les Romains. Les voies romaines étaient avant tout des voies militaires et leur construction, très soignée, témoignait de leur importance. Elles se composaient : d'une fondation (statumen) formée par une assise de grandes dalles posées à bain de mortier sur un lit de sable ; cette assise était recouverte par une couche de 0,20 d'épaisseur, de pierres cassées mélangées avec du ciment. Sur cette couche (Rudus) on étendait une couche de terre grasse battue (Nucleus). Dans les endroits très fréquentés, le nucleus était recouvert par une croûte de cailloux mélangés avec du mortier (Summa crusta). Les chaussées romaines exigeaient une grande quantité de matériaux et une main-d'œuvre très coûteuse ; les grosses réparations devaient être fort difficiles. Aussi après les avoir à peu près imitées pendant longtemps, a-t-on dû recourir à une construction plus économique et cependant tout aussi solide.

De deux chaussées, en bon état d'entretien, c'est la chaussée pavée qui offre le moins de résistance à la traction, surtout pour les voitures lourdement chargées ; en outre, le pavage est plus durable, et il évite les réparations fréquentes qui sont une gêne pour la circulation ; aussi l'emploie-t-on presque exclusivement dans les villes, tandis qu'on réserve, pour la campagne, l'empierrement dont l'entretien est plus facile et n'exige pas d'ouvriers spéciaux. En revanche, les chaussées pavées donnent lieu à un bruit considérable et à des cahots incessants dont les trépidations se transmettent aux maisons riveraines ; aussi, grâce aux perfectionnements apportés dans la confection des chaussées empierrées par les ingénieurs Mac-Adam et Polonceau, on remplace souvent, dans les grandes villes, le pavage par du macadam ; mais il en résulte, lorsque la circulation est très active, une augmentation importante de la dépense. En outre, les chaussées macadamisées produisent beaucoup de boue et de poussière et on est quelquefois obligé de revenir au pavage, à moins que la largeur de la chaussée ne suffise pour l'établissement d'une chaussée mixte, avec un empierrement au milieu et une zône pavée de chaque côté. Lorsqu'il doit exister une ligne de tramways, on pave une moitié de la chaussée, et on empierre l'autre moitié. En rase campagne, on peut, au contraire, paver le milieu et empierrer les côtés ; mais il faut assurer convenablement l'écoulement transversal des eaux de pluie. — V. Pavage.

A droite et à gauche de la chaussée, on réserve sur les routes deux bandes de terrain appelées *accotements* ; on les emploie au dépôt des matériaux d'entretien et on les garnit de deux lignes d'arbres qui jalonnent la route et fournissent en été assez d'ombre pour empêcher la chaussée de dessécher complètement (V. Routes) ; les accotements sont simplement dressés, avec la pente convenable pour l'écoulement des eaux. Lorsqu'ils font saillie sur la chaussée, on les nomme *trottoirs*.

Les chaussées doivent avoir une largeur suffisante pour le croisement de deux voitures ; sur les routes nationales, cette largeur est de 6 mètres, ce qui, avec 6 mètres d'accotements et 4 mètres pour les fossés et talus, donne 16 mètres de largeur totale Sur les routes départementales qui n'ont en moyenne que 12 mètres, la chaussée est réduite à 5 mètres de largeur ; on descend quelquefois à 4 et 3 mètres pour les autres chemins ; mais alors les croisements ne peuvent avoir lieu sans que les roues empiètent sur les accotements, ce qui est désastreux. Lorsque la circulation est considérable, on donne à la chaussée une largeur de 7 mètres à $7^{m},50$, afin que trois voitures puissent se rencontrer à la fois ; dans les rues des grandes villes où une partie des voitures stationne en face des maisons, il faut au moins la place de quatre voitures

de front et la chaussée doit avoir 9m,50 ; les chaussées des principaux boulevards de Paris atteignent 15 et 20 mètres et malgré cela, leur largeur n'est pas toujours suffisante.

On donne au profil transversal des chaussées une forme convexe dont la flèche constitue le bombement de la chaussée ; on obtient ainsi le prompt écoulement des eaux de pluie et on facilite le croisement des voitures qui n'ont qu'à descendre pour s'éviter. Le bombement était autrefois assez fort, un vingtième de la largeur ; il est réduit aujourd'hui, en France, à un cinquantième ; en Angleterre, il varie de un soixantième à un centième. Le profil transversal est formé par une ligne brisée dont l'inclinaison, très faible de chaque côté de l'axe, augmente progressivement par zônes de 25 centimètres de largeur.

Lorsque le terrain a été nivelé suivant les pentes convenables, réglé et bien pilonné, on procède à l'établissement soit du pavage (V. Pavage), soit de l'empierrement. Dans ce dernier cas, les matériaux sont répandus dans l'encaissement suivant deux couches successives et uniformes de 0m,15 d'épaisseur. Chaque couche est comprimée par le passage, à plusieurs reprises, d'un cylindre en fonte, pesamment chargé et capable d'exercer une compression de 30 à 50 kilogrammes par centimètre de largeur. A Paris on emploie des rouleaux compresseurs mus par la vapeur, et dont le poids varie de 15 à 30 tonnes (V. Rouleau compresseur). Le cylindrage est accompagné d'un arrosage abondant et de la distribution d'une couche de sable, qui facilitent la prise des matériaux.

Les pierres sont cassées à l'avance, suivant une grosseur de 2 à 6 centimètres, soit à la main, soit à l'aide de machines spéciales (V. Concasseur). On emploie principalement les calcaires (siliceux ou non) les schistes granitiques, le gneiss, le granit, le grès, le silex, le porphyre, l'amphibole, la serpentine, les basaltes, les diorites, le feldspath et le trapp. A Paris les porphyres de la Mayenne, réservés pour les voies très fréquentées, coûtent 28 francs le mètre cube. La meulière qui suffit pour les chaussées d'une circulation moyenne, coûte 12 francs le mètre cube. Enfin on peut employer sur les chaussées peu fréquentées et pour les couches inférieures des autres chaussées le silex qui ne coûte que 9 francs. Les matériaux sont du reste l'objet d'un triage, d'un nettoyage et d'un mesurage très rigoureux, afin d'éliminer, soit les pierres trop grosses, soit les détritus. Le volume à répandre est d'environ un tiers en plus du volume réel de l'encaissement.

On reconnaît qu'une chaussée est suffisamment comprimée, lorsqu'un caillou, jeté sous le passage du rouleau, s'écrase sans s'enfoncer. Lorsqu'on ne peut pas employer les rouleaux, comme sur les pentes trop fortes ou les courbes trop faibles de rayon, on comprime l'empierrement à l'aide de pilons à la main, pesant environ 13 kilogrammes ; il faut alors procéder par couches successives de 6 à 8 centimètres d'épaisseur seulement.

L'entretien des chaussées comporte : l'époudrement ou balayage exécuté légèrement avec des balais de bouleau ou de piassava ; l'ébouage qui se fait au balai anglais ou au rabot et que l'on facilite par des arrosages (V. Balayage mécanique). Les produits de ces opérations sont le plus souvent jetés sur les terres voisines où ils servent comme engrais et comme amendements ; ils sont, en effet, composés de matières azotées provenant des déjections des animaux. Il faut cependant obtenir le consentement des propriétaires.

Les travaux d'entretien comprennent encore : l'effacement des frayés, la suppression des flaches et des ornières, le ramassage des feuilles mortes, le déblaiement des neiges et le sablage pendant le verglas. Il convient, en outre, d'arroser pendant les saisons très sèches. Lorsqu'une chaussée est réduite à 0m,08 d'épaisseur, il faut procéder à des rechargements, soit partiels avec pilonnage, soit généraux avec cylindrage. Chacune de ces opérations doit être précédée d'un piquetage de toute la surface à réparer et d'un arrosage assez abondant.

— L'entretien des chaussées est confié à des cantonniers auxquels on adjoint, à certaines époques de l'année, des ouvriers auxiliaires. Les matériaux sont préparés d'avance et apportés à proximité par des entrepreneurs. La dépense est considérable; elle s'élève à 600 francs par kilomètre et par an pour les routes nationales, à 450 francs pour les routes départementales; elle est de 310 francs pour les chemins de grande communication et de 100 francs pour les chemins vicinaux. L'entretien annuel de toutes les routes de la France coûte un peu plus de cent millions. — J. B.

Chaussée en asphalte. — V. Asphalte.

II. ***CHAUSSÉE.** *T. techn.* Sorte de sac au travers duquel passe la farine dans un moulin. || Pièce de la cadrature d'une montre, qui porte l'aiguille des minutes.

CHAUSSE-PIED. Instrument ordinairement de corne, dont on se sert pour chausser plus facilement un soulier.

CHAUSSES. *T. du cost. anc.* Vêtement d'origine gauloise qui couvrait le pied, la jambe et la cuisse. On le porta d'abord large, puis serré, marquant le mollet et roulé sur le genou. On le nommait *bas-de-chausses* pour le distinguer du *haut-de-chausses* qui descendait jusqu'à l'extrémité supérieure des chausses. Outre les chausses de laine ou de toile d'un usage universel, le moyen âge avait aussi les *chausses de maille* ou *braies de mailles* que les hommes d'armes ont portées jusqu'à l'époque où le harnais de jambes fut complété par la molletière d'acier et les cuissots. Ces chausses étaient en peau garnie extérieurement de maillons de fer rivés à grains d'orge, excepté aux parties de la cuisse qui posaient sur la selle.

CHAUSSETIER. *T. de mét.* C'était autrefois le nom du fabricant et du marchand de bas et de bonnets. Il a été remplacé par *bonnetier*.

CHAUSSE-TRAPE. *T. d'art milit.* Engin défensif formé d'un polyèdre régulier étoilé en fer offrant quatre pointes, ou plus, longues de 8 à 12 centimètres et disposées de telle sorte que de quelque côté que l'on jette cet objet sur le sol, l'une des pointes se présente toujours en haut (fig. 80).

— Les anciens connaissaient et employaient la chausse-trape qu'ils nommaient *murex-ferrens* expression que

M. de Wailly traduit par *chardon-de-fer*. Il existe au musée de Saint-Germain un modèle antique de ce petit engin. Il se compose d'une boule dans laquelle sont implantées quatre pointes en fer tellement placées qu'une de ces pointes se présente toujours en l'air. Quinte-Curce rapporte qu'avant la bataille d'Arbelles, Darius fit jeter

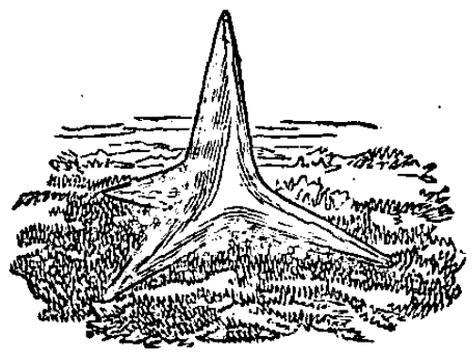


Fig. 80.

des chausse-trapes sur le terrain où il pensait que devait passer Alexandre, mais celui-ci averti à temps, les évita. — De nos jours les chausse-trapes sont peu employées et il n'en existe pas d'approvisionnement règlementaire dans les parcs; cependant, pendant le siège de Paris, on sema quelques chausse-trapes sur les glacis pour défendre les portes de la capitale.

CHAUSSETTE. Sorte de demi-bas.

* **CHAUSSEUR.** *T. de mét.* Celui qui fait des chaussures, mais plus spécialement celui qui travaille sur mesure. Quoique l'emploi de ce mot soit fort logique, on dit plus généralement *cordonnier* ou *bottier*.

* **CHAUSSINE.** *T. de minér.* Variété de houille sèche propre à la cuisson de la chaux.

CHAUSSON. Sorte de chaussure qui n'enveloppe que le pied, sous ou sur le bas, et qui se met dans le soulier ou dans le sabot.

Fabrication. Les chaussons en fil, coton ou laine, ceux faits en toile, sont ou tissés ou cousus. Ce sont des articles de bonneterie que l'on fabrique par les procédés ordinaires. Nous ferons la même remarque pour les chaussons de feutre ou de castor, obtenus sans couture en modelant la matière première sur des moules spéciaux, ou les cousant. Les chaussons de laine se fabriquent surtout à Pucet (Seine-et-Oise).

Pour faire des armes, apprendre à danser, jouer à la paume ou lutter au « chausson », on se sert fréquemment de chaussures légères et plates, sans talon, qui se prêtent à tous les mouvements du pied, sans offrir de résistance, tout en maintenant convenablement le membre. Elles sont d'ordinaire en peau ou en feutre, avec semelle en peau dans le second cas. Pour empêcher ces semelles de glisser on y fait, vers la partie médiane, une grosse couture apparente, contournée en forme de fer à cheval, avec une autre droite, entrant dans le milieu de la première. Ces articles viennent surtout des départements voisins des Pyrénées.

Les *chaussons en lisière* sont une chaussure à bon marché dont on fait un grand usage dans les classes ouvrières, et sur la fabrication desquels nous allons donner quelques détails techniques. Ils sont faits, comme l'indique leur nom, avec les lisières des pièces de drap, cependant, vers 1820, M. Armonville en livra qui étaient fabriqués avec des bordures de châles, et qui étaient excessivement chauds, très doux et très souples; ils étaient garnis d'une semelle en buffle et doublés. On fait aujourd'hui des chaussures d'appartement plus élégantes que ces chaussons, aussi cette fabrication spéciale n'a-t-elle pas duré bien longtemps. On fabrique également pour l'été des *chaussons en lacet* qui se confectionnent absolument comme les chaussons de lisière.

Le lacet étant un ruban étroit, qui s'emploie comme la lisière, il n'y a aucun détail spécial à donner sur leur fabrication, laquelle rentre absolument dans celle des chaussons de lisière.

Le chausson se fait, ainsi que nous l'avons indiqué, avec la lisière des pièces de drap, que les tailleurs revendent à des marchands spéciaux. C'est surtout en Angleterre, à Elbeuf, Sedan, Louviers et Paris, que se concentre cette industrie; la maison Godillot, approvisionne une grande partie des fabricants de chaussons, avec ses lisières de draps pour sous-offfciers et soldats.

La lisière est d'abord, suivant sa largeur, déchirée en trois, quatre ou cinq brins; parfois, mais plus rarement, coupée; dans ce dernier cas on se sert plus particulièrement de lisières noires, tissées spécialement par la maison Carpentier, mais qui donnent des chaussures moins bonnes que celles faites avec l'acticle ordinaire.

Il faut deux kilogrammes de lisière pour fabriquer douze paires de chaussons pour femme; huit cents grammes servent pour monter le chausson, douze cents pour le tisser.

L'ouvrier chaussonnier n'a besoin pour son travail que d'un nombre restreint d'outils. D'abord d'une forme en bois semblable à celle qu'emploient les cordonniers, mais qui porte au bout, ainsi qu'au talon, un rangée de pointes en fer; celles-ci sont horizontalement placées à la pointe, verticalement, et dans toute la hauteur au talon. Les autres outils sont, ou un carrelet long qui sert à enfiler les brins, ou un crochet qui permet d'aller bien plus vite par simple traction, et qui par suite, est plus fréquemment employé. Pour faire un chausson, on commence par couvrir la forme avec la monture, c'est-à-dire en posant la lisière de la partie la plus externe de la pointe à gauche, au bord droit du talon, pour revenir à droite de la pointe et retourner en croisant vers le côté gauche du talon. C'est ce que l'on appelle faire la chaîne, celle-ci couvre la semelle, aussi bien que les parties latérales et le dessus du pied. Pour tisser, l'ouvrier se sert de l'aiguille ou du crochet, et il passe sa lisière alternativement entre chaque filament de la chaîne, puis pousse vers la pointe de la chaussure le tissu bien étalé à plat. Il arrive ainsi à constituer tout le corps de son chausson, en se rapprochant peu à peu du talon; pour terminer son travail, il enfonce dans la partie médiane de la semelle le dernier brin de lisière. Un lacet placé sur le dessus du pied, permet de resserrer l'étoffe.

— Cette fabrication du chausson se fait en grande partie dans les pénitenciers ou les maisons cellulaires; celles de Rouen, de Gaillon, de Poissy, de Beaulieu,

d'Evreux, de Clairvaux, etc., ont chacune un certain nombre d'ateliers de chaussonnerie, et approvisionnent presque tous les fabricants. Pour fixer approximativement un chiffre, nous indiquerons seulement qu'à la maison de détention de Rouen, on fait en moyenne par mois, pour une population de mille prisonniers, dix-huit mille *paires de chaussons (ces chiffres ne sont qu'un renseignement*, car les prisonniers, en détention préventive, ne sont pas astreints à travailler, et on exerce là différents métiers). Ces articles sont payés environ 30 centimes la paire, pour le chausson de lacet, et 0 fr. 27 pour l'article en lisière; en dix heures de travail un ouvrier ordinaire peut faire en moyenne six paires de chaussons de lacet, et huit paires de chaussons de lisière. Il y a des villes cependant où l'industrie privée se livre spécialement à cette fabrication, de ce nombre sont Senlis, Troyes, Nancy, le Pont-de-l'Arche, etc.

Le chausson, une fois fait, doit être maintenant monté; pour cela, après avoir choisi des semelles en cuir de dimension convenable (V. CHAMOISAGE, § *Fabrication du buffle*), on pratique à deux millimètres du bord, et du côté qui portera sur le sol, une *gravure* au tranchet, c'est-à-dire une coupure légère qui ne pénètre que dans la moitié environ du cuir, puis on *lève* la gravure en l'entr'ouvrant au moyen d'une alène, ou parfois d'un lève-gravure spécial. Alors on garnit la semelle avec de la pâte, des rognures de cuir ou de carton, puis, le tout étant maintenu solidement, on soulève une première lisière et on l'enfonce dans la semelle en perforant le cuir en cet endroit pour repasser une seconde fois en nouant avec un gros fil. Cette première lisière étant arrêtée, comme elle est prise par le fil qui l'empêche de sortir du trou de la gravure, on passe à un second brin, on l'enfonce dans la semelle, on le noue, et ainsi successivement, jusqu'à ce que la semelle soit complètement fixée au chausson. On rabat ensuite la gravure et on la brunit au polissoir, pour terminer la chaussure. Toutes les étoffes servant dans cette industrie, étant travaillées de la même façon, nous ne croyons pas devoir donner de plus grands détails sur cette fabrication. — J. C.

Chausson. Pâtisserie faite d'une pâte repliée et contenant de la confiture ou de la compote.

* **CHAUSSONNERIE.** Fabrication, commerce de chaussons et de pantoufles.

* **CHAUSSONNIER.** *T. de mét.* Celui, ceux qui confectionnent des chaussons et des pantoufles.

CHAUSSURE. Partie du vêtement qui enveloppe le pied et quelquefois une partie de la jambe; la forme ainsi que la matière employée à sa confection ont considérablement varié depuis que son usage s'est imposé aux premiers hommes.

HISTORIQUE. La chaussure répond à un besoin si absolu qu'elle a dû provoquer, sinon la première, pour le moins une des premières professions humaines. En effet, si dans certaines contrées, la température permet au besoin de marcher pieds nus, les ronces et les cailloux ne sont ménagés nulle part et ils ont dû contraindre l'homme à se préoccuper plus encore de vêtir ses pieds que son corps. Et puis, le corps peut se couvrir tout d'abord sans le secours d'un art quelconque : la peau d'un animal, le feuillage épais de quelque large arbuste, voilà qui peut suffire aux premiers besoins; mais pour que le pied trouve à la fois commodité dans sa marche et solidité dans son enveloppe, il a fallu une préoccupation de l'esprit, une étude des moyens à pratiquer et une habileté de main qui nécessitèrent des efforts combinés; de là naquit for-

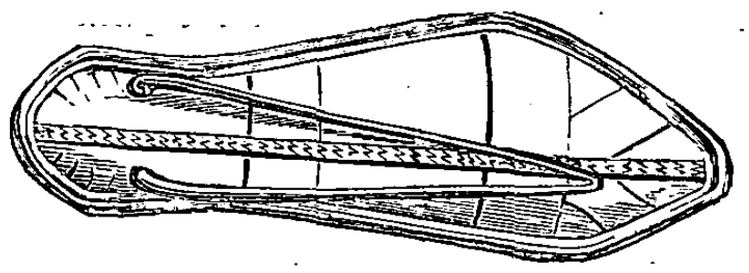


Fig. 81. — *Sandale égyptienne, cuir et maroquin.*

cément la profession du *sandalier* dont le nom se retrouve dans les premières pages de la Bible. Bien qu'il y eût dans notre *Histoire de la Chaussure*, cent huit espèces de chaussures dessinées et une centaine de personnages chaussés, rien que pour l'antiquité, et environ deux cents dans l'ouvrage de P. Lacroix et Duchêne, l'ensemble des chaussures n'ayant en réalité à revêtir qu'une partie du corps qui ne varie que par de légers détails, on peut ramener tous les modèles que l'antiquité, le moyen âge et les temps modernes n'ont cessé de créer ou de transformer, aux quatre types que voici :

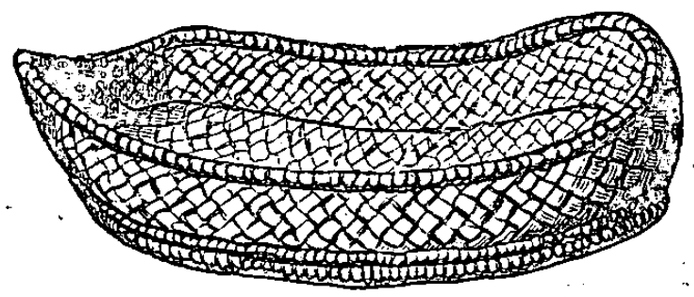


Fig. 82. — *Tabteb simple, en feuilles de palmier tressées.*

La sandale, le soulier, le brodequin et la botte.

Dans le brodequin, nous comprenons la bottine qui ne diffère du brodequin que par l'ouverture faite sur le côté au lieu de l'être sur le dessus.

Partout et toujours nous retrouverons ces quatre types dans l'étude rapide que nous allons faire ici, en l'accompagnant autant qu'il nous le sera permis, de dessins empruntés aux auteurs les plus autorisés.

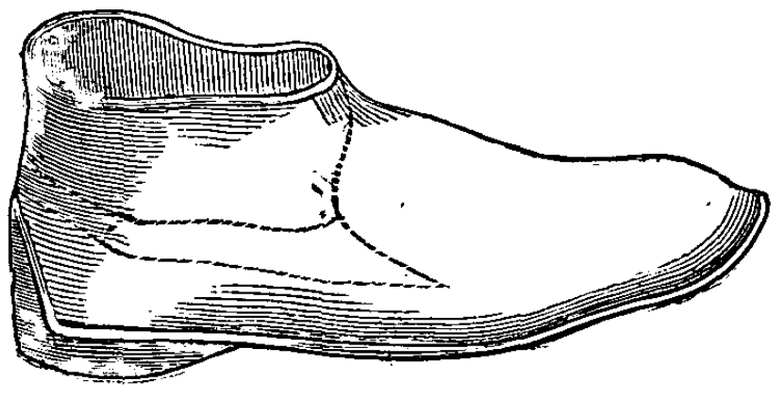


Fig. 83. — *Bottine égyptienne en cuir.*

Chez les premiers Hébreux, la sandale eut bientôt fait place au soulier et longtemps celui qui confectionnait cette nouvelle chaussure conserva le titre de sandalier. En dehors de son rôle utilitaire, le soulier joua longtemps chez ce peuple un rôle à la fois singulier et sérieux : il représentait des actes de loi ; ainsi, celui qui n'avait pas voulu épouser la veuve de son frère, était, devant tous, déchaussé par elle et sa maison était appelée dans Israël : *La Maison du Déchaussé.* Cédait-il un droit à un autre, l'Hébreux ôtait son soulier et le donnait en témoignage de cession. Avant la célébration d'un mariage juif,

l'époux futur offrait un anneau à la fiancée et lui donnait un soulier.

Les Hébreux avaient plusieurs sortes de souliers : le soulier de voyage, noir et qui couvrait entièrement le pied ; le soulier de combat, garni de fer et d'airain ; le soulier bleu et violet était spécial aux femmes juives qui donnèrent une telle extension à leur coquetterie que

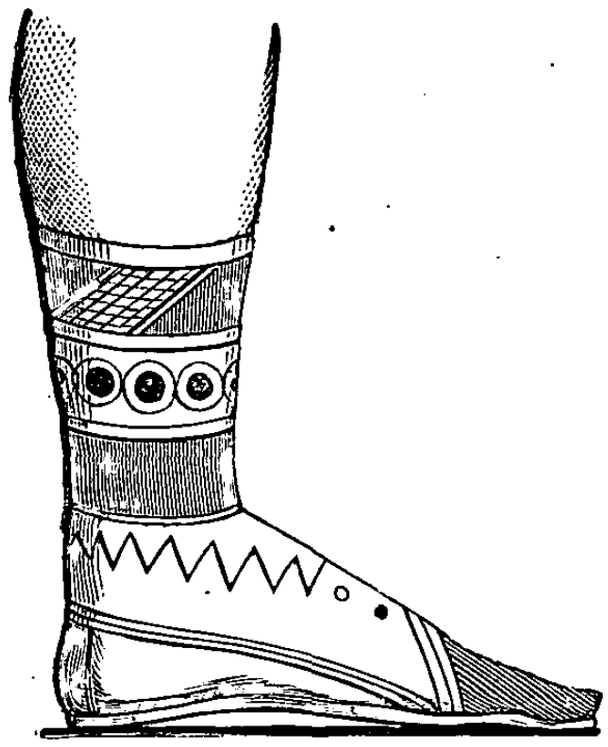


Fig. 84. — *Bottine éthiopienne.*

Isaïe s'écria, en parlant des filles de Sion : « Parce qu'elles ont marché à petits pas et les pieds enfermés dans des chaussures bruyantes, des ornements de bronze et des grelots, le Seigneur leur ôtera leurs chaussures magnifiques. »

L'Egypte ancienne ne nous a laissé que quelques modèles de chaussures : la sandale, le tabteb et la bottine

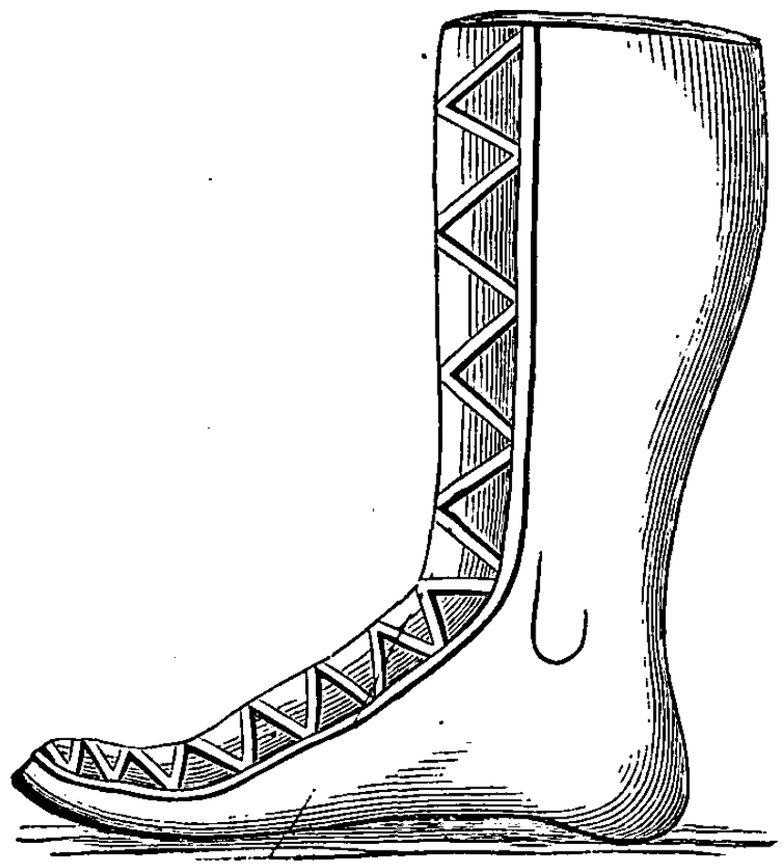


Fig. 85. — *Bottine-guêtre assyrienne.*

basse. Ces chaussures sont au Louvre, et à côté des tabtebs en jonc et en feuilles de palmier tressées, on pourra voir une sandale égyptienne dont la semelle est en cuir et le dessus en maroquin rouge ; la bottine a une semelle en gros cuir et une empeigne en petite peau.

Les figures 81 à 83 sont les reproductions exactes de ces trois chaussures dont les matières employées pour leur confection, autant que leur confection elle-même, révèlent une civilisation déjà bien avancée.

Caillaud, dans son voyage à Méroë, s'exprime ainsi à propos des chaussures trouvées dans les tombes, dont le temps avait respecté le contenu, grâce à leur fermeture hermétique.

« Parmi ces objets, j'en citerai plusieurs qui attestent le progrès des arts chez les anciens et nous font connaître leurs usages... La fabrication des souliers n'était pas

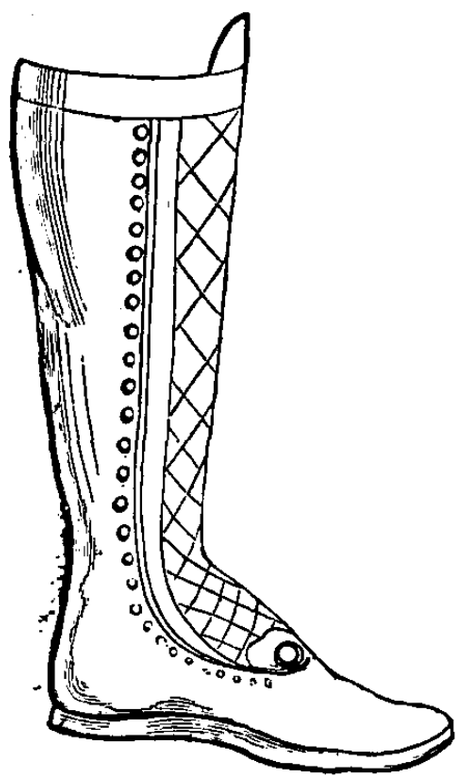


Fig. 86. — *Botte grecque (Iphicratide).*

moins parfaite, soit que l'on considère le fini du travail, soit que l'on examine la commodité des formes, la préparation des peaux en maroquin rouge et vert, et la coupe des souliers si bien adaptés à chaque pied, que l'industrie moderne ne paraît pas avoir reculé de beaucoup les limites de l'art.

« Je trouvai des sandales couvertes d'impressions et de dessins, des bottines en maroquin ornées et artistement découpées, des souliers pour le premier âge, des représentations de sandales formées de papyrus et

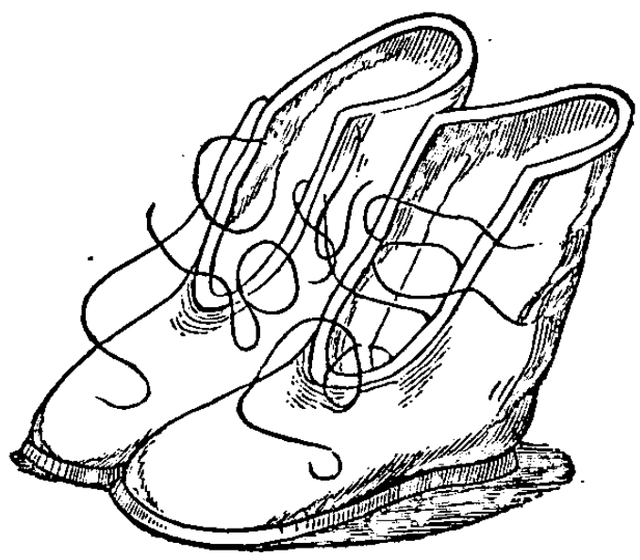


Fig. 87. — *Brodequins grecs.*

posées sous les pieds de diverses momies. J'en trouvai avec des peintures qui retracent un triomphe ; on y voit la représentation de pasteurs ayant les pieds et les mains garottés. »

L'atlas de Rosellini nous montre les chaussures de la même époque déjà très élégantes, en cuirs teints, aux pieds d'Ethiopiens, dépassant de beaucoup le goût et le savoir-faire des ouvriers égyptiens de la même époque. La bottine représentée figure 84, chausse un prisonnier éthiopien.

Non seulement la confection de ces chaussures exigeait, de ceux qui les fabriquaient, du goût et de l'habileté, mais la variété dans les dessins, et l'har-

monie des diverses couleurs employées, révèlent que l'art a déjà fait une apparition sérieuse dans les métiers. Cette bottine est en cuir teint des couleurs suivantes: du jaune au contrefort ; du rose sur l'empeigne, qui,

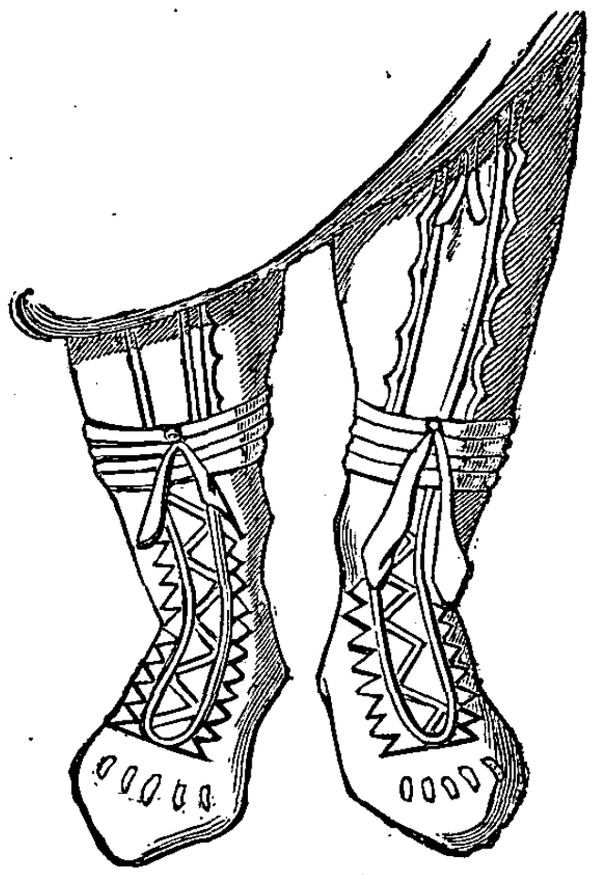


Fig. 88. — *Brodequins ornés.*

comme on le voit, s'arrête à la naissance des orteils; du rouge autour de la cheville; du rose à la bande intermédiaire sur laquelle on voit trois anneaux ; enfin la bande supérieure, divisée en trois compartiments, est rose sur le derrière, bleue au milieu et rouge sur le devant.

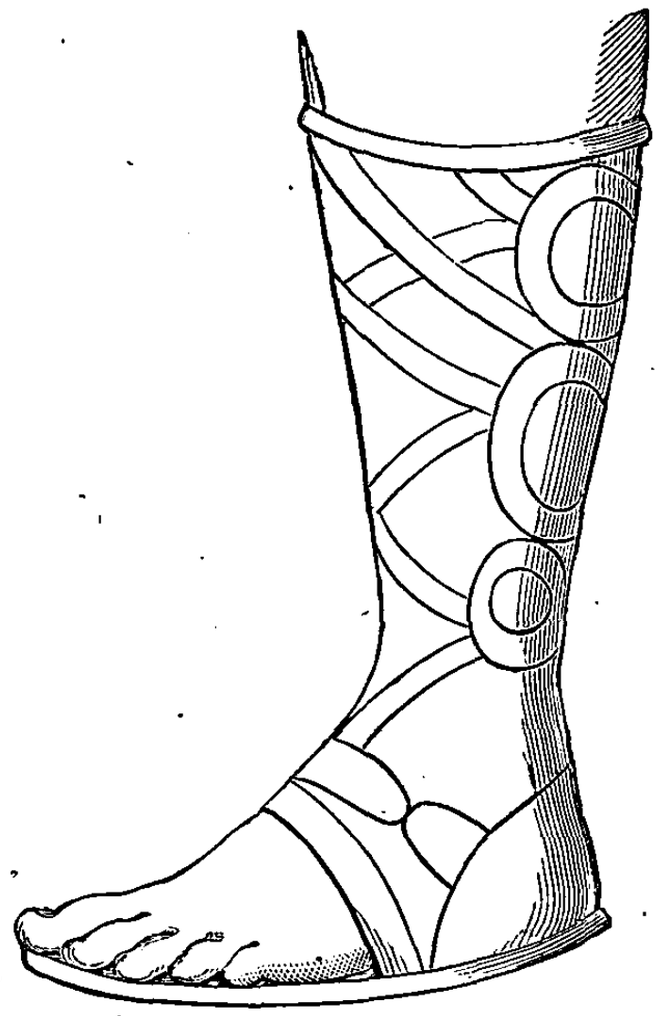


Fig. 89. — *Botte étrusque.*

Il importe de remarquer que ces couleurs malgré leur vivacité sont, nous le répétons, d'une harmonie générale très heureuse, ce qui indique un goût excellent et fait mieux apprécier, dans l'exécution de cette bottine, les difficultés vaincues.

Dans le grand atlas iconographique des monuments de l'Egypte et de la Nubie, par Champollion-le-Jeune,

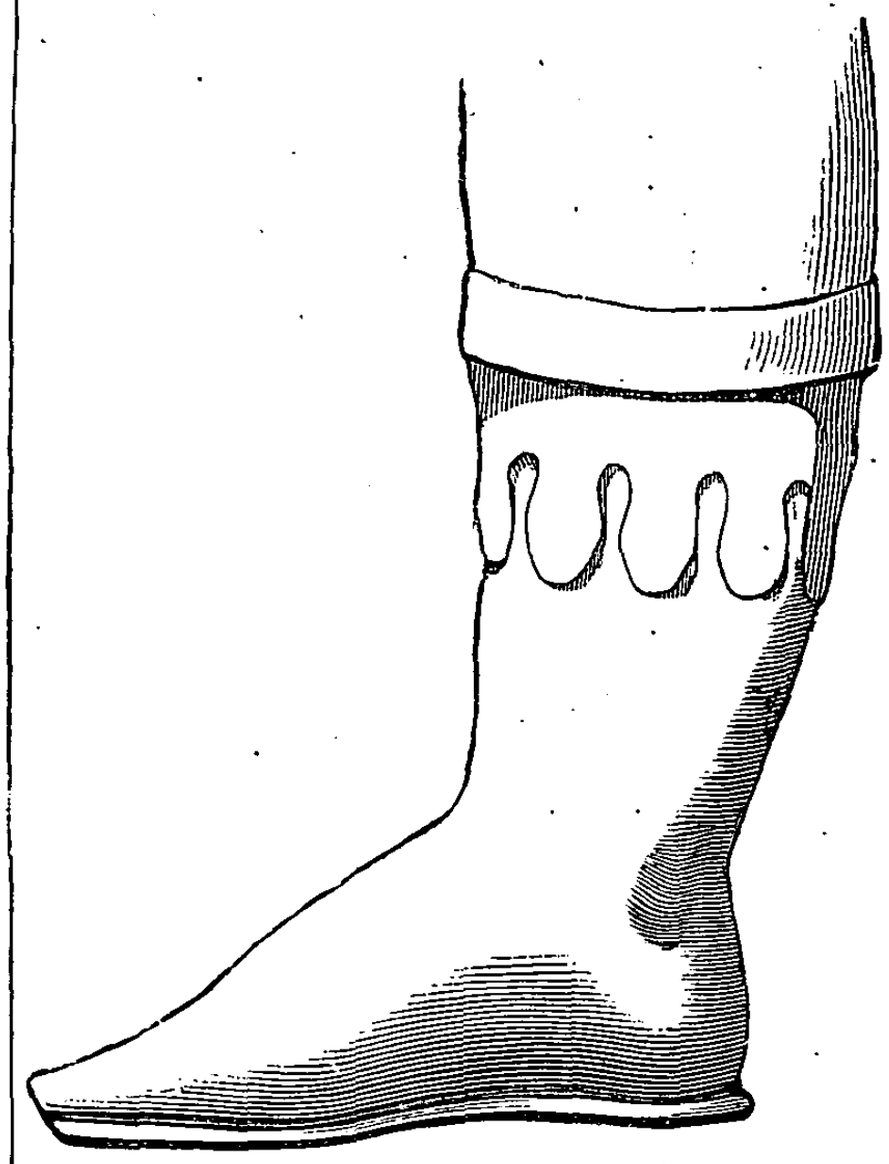


Fig. 90. — *Mulleus-brodequin.*

on trouve un très curieux dessin, copie d'une peinture découverte sur les murs de Thèbes, et dont le sujet n'est autre qu'un intérieur d'atelier de cordonnerie. Dans cette peinture qui, d'après J.-B.-J. Fourier, remonterait à environ quatre mille ans avant notre ère, on voit figurer des outils encore employés aujourd'hui : l'alène, l'os et le couteau à pied ; le bourrelier actuel se sert encore de ce dernier outil que le cordonnier a remplacé par le tranchet. Ce des-

Fig. 91. — *Le campagus.*

sin trouvera sa place lorsque nous parlerons plus loin de la cordonnerie, c'est-à-dire de l'histoire de la profession.

Au Louvre on peut voir, sur les magnifiques bas-reliefs assyriens, non seulement la sandale légendaire, mais encore une très curieuse *bottine-guêtre* des guerriers de Sardanapale V (*sept cents ans avant notre ère*, d'après M. Botta, dont le grand ouvrage est si intéressant à consulter) (fig. 85).

Les Grecs eurent, dès la plus haute antiquité, des chaussures nombreuses et Homère, non seulement nous a

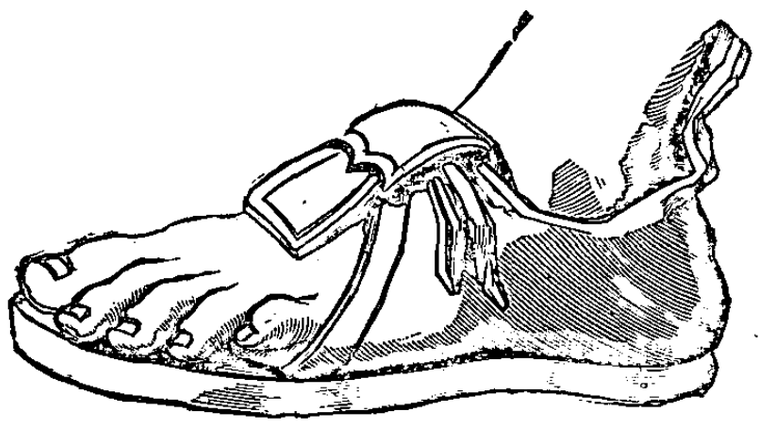


Fig. 92. — *L'obstrigillum.*

parlé des *cnémides* d'Agamemnon (V. ARMURE) attachées avec des agrafes d'argent, mais c'est lui qui a donné aux Grecs le titre de « bien chaussés ». En effet, depuis la bottine des Pélasges, avec les crépides civiles et militaires des Grecs, le cothurne, le phécasion, l'endromide jusqu'aux chaussures militaires, la variété est grande. La figure 86 montre la *botte* militaire inventée par le fameux général Iphicrate, lequel avait reçu de son père, cordonnier de sa profession, les premiers éléments du métier.

Il est certain cependant que cette botte n'était portée

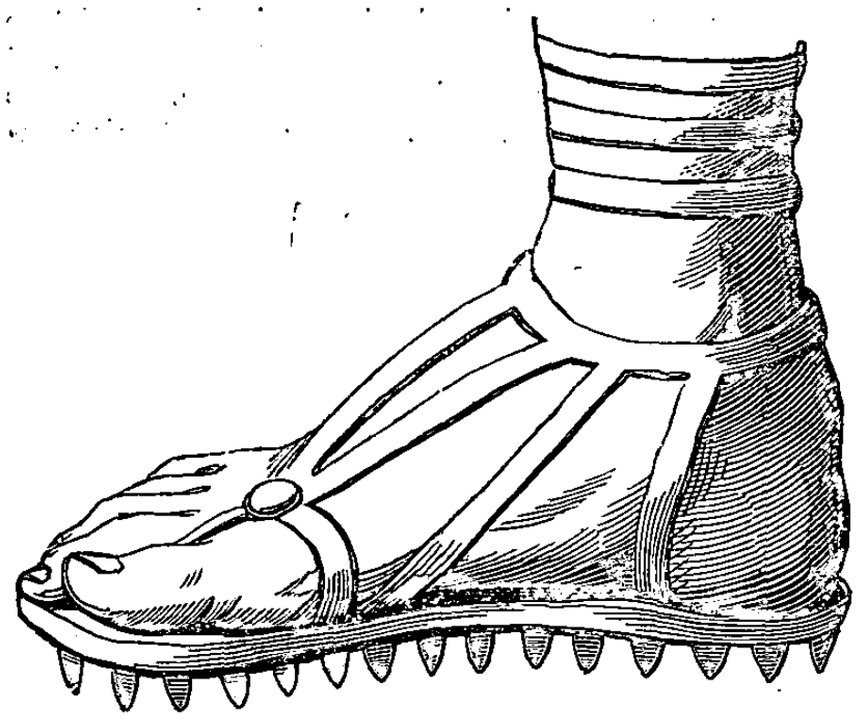


Fig. 93. — *Caliga clavata.*

que par des chefs et nous donnons (fig. 87) les brodequins attribués à Alcibiade, qui furent certainement, après la *crépide*, la chaussure usuelle du soldat. C'est à peu de chose près à ce brodequin que notre armée moderne en est revenue aujourd'hui et après des luttes vraiment homériques, (c'est bien l'occasion de se servir de cette épithète), tant le fameux soulier Godillot avait conservé d'appui parmi les administrateurs de notre armée moderne.

Mais avant Iphicrate et Alcibiade, les Grecs, ou guerriers ou civils, étaient bien chaussés, ainsi que le constate dans son *Iliade*, Homère, déjà cité, où il est question des Grecs aux belles bottes et dans son Odyssée, où entre autres il parle de Laerte chaussé de *bottes en cuir*.

La chaussure, en Grèce, fut toujours considérée comme un objet digne d'une attention spéciale et se mêla, par des formes particulières, aux mœurs et aux cérémonies de

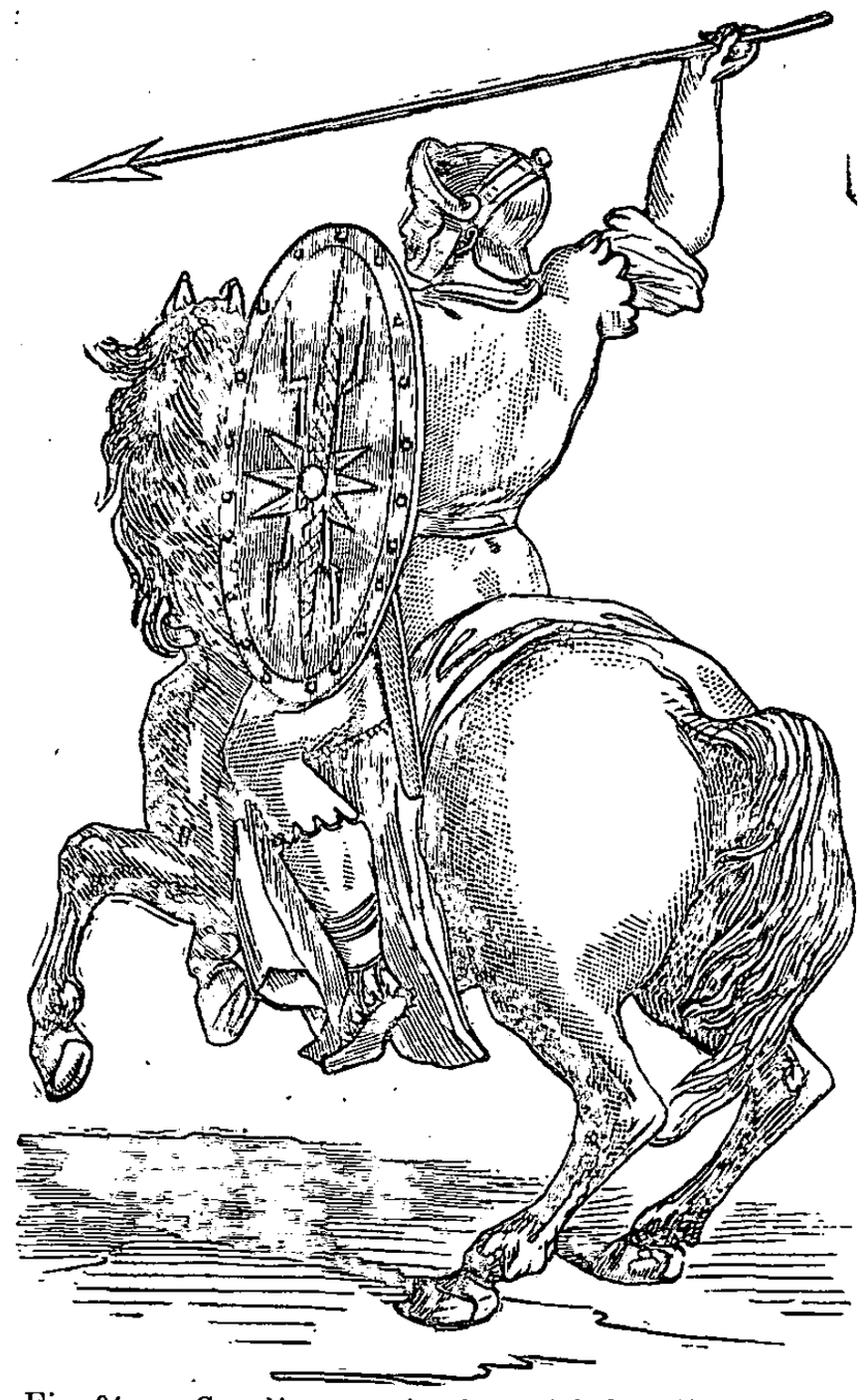


Fig. 94. — *Cavalier romain chaussé de la caliga clavata.*

ce peuple artiste, comme d'ailleurs cela se passe encore chez les peuples modernes, où le costume varie suivant le rang ou les fonctions des citoyens.

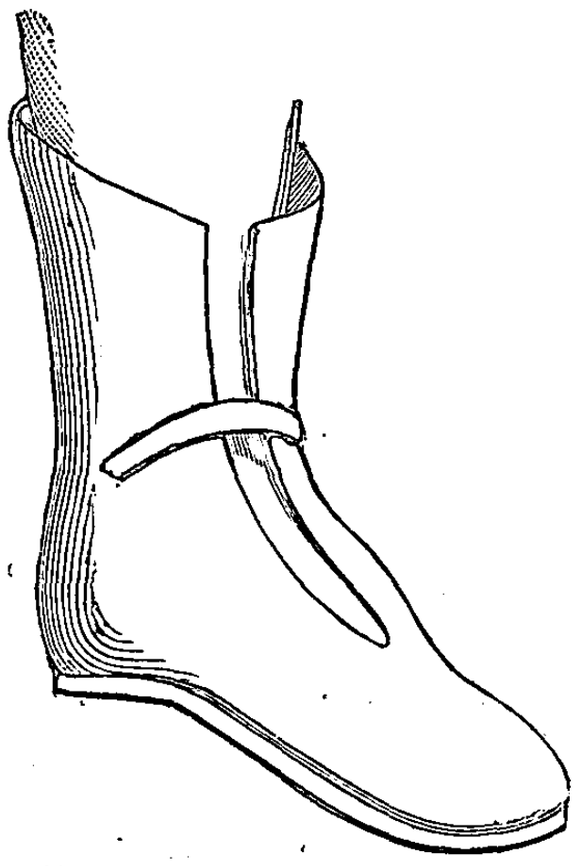


Fig. 95. — *Brodequin des Goths.*

La France, où l'art de la chaussure est multiple, n'a point de modèles plus nombreux que n'en comptait

l'ancienne Grèce, et Pollion affirme, à propos de la seule chaussure de femme, que les dames grecques possédaient vingt-deux chaussures de genres différents, qui pouvaient se classer ainsi : celles qui couvraient tout le pied jusqu'à la cheville, et celles qui n'étaient qu'une simple semelle s'attachant au-dessus du pied avec de larges rubans ou des courroies. Ces dernières se subdivisaient encore en deux espèces :

1° Les *rhadies* et les *eumarides*, dont les noms veu-

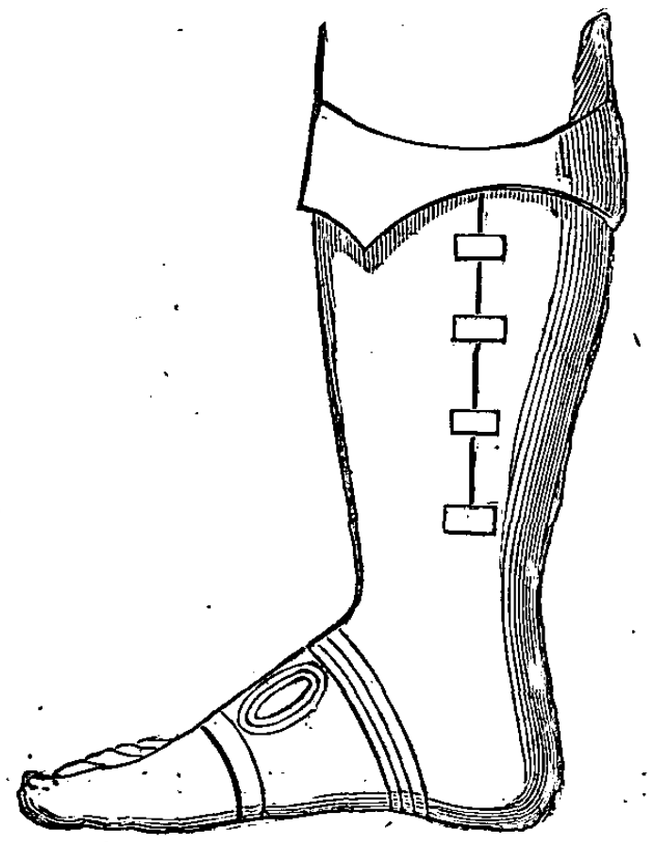


Fig. 96. — *Brodequin des Marcomans.*

lent dire aisées, étaient des pantoufles que les femmes ne chaussaient que dans leurs appartements ou lorsqu'elles faisaient des visites à leurs amies. Dans ce dernier cas, des esclaves portaient derrière elles ces sandales enfermées dans une boîte nommée *sandalathèque*, du nom des chaussures qu'elle contenait. Ménandre, dans sa Mesogyne, parle d'une sandalathèque couverte d'ornements dorés. Les rhadies se pliaient et se roulaient facilement. Elles étaient faites d'étoffes, ornées et brodées de diverses couleurs comme nos pantoufles modernes. Platon et le poète comique Phérécrates, font mention de cette élégante chaussure. Les eumarides étaient d'invention de gluten. Les femmes chaussaient encore les *péribarides*, souliers en forme de bateau qui étaient retenus gracieusement par de larges rubans liés autour de la jambe. Les femmes nobles et libres pouvaient seules porter ces chaussures.

Les élégantes de mœurs faciles, les femmes galantes, étrangère ; on les fabriquait indifféremment en étoffe ou en peau de cerf.

2° Les *crépides*, destinées à la marche, dans les rues ou dans les promenades publiques, et qui tenaient plus

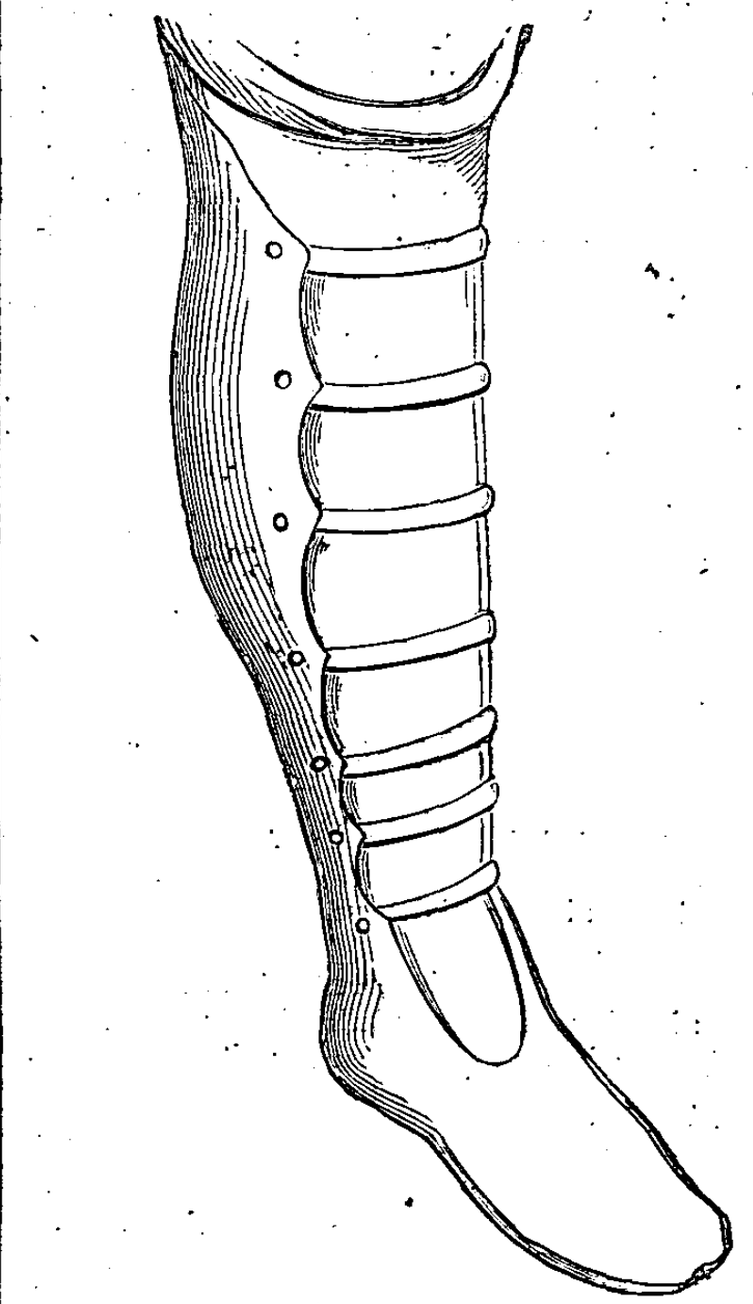


Fig. 97. — *Botte des Gépides.*

solidement aux pieds, qu'elles enfermaient presque en entier.

Les souliers de femmes, ajoute encore Pollion, étaient souvent garnis de quatre semelles de liège, épaisses chacune d'un doigt, et collées les unes aux autres à l'aide

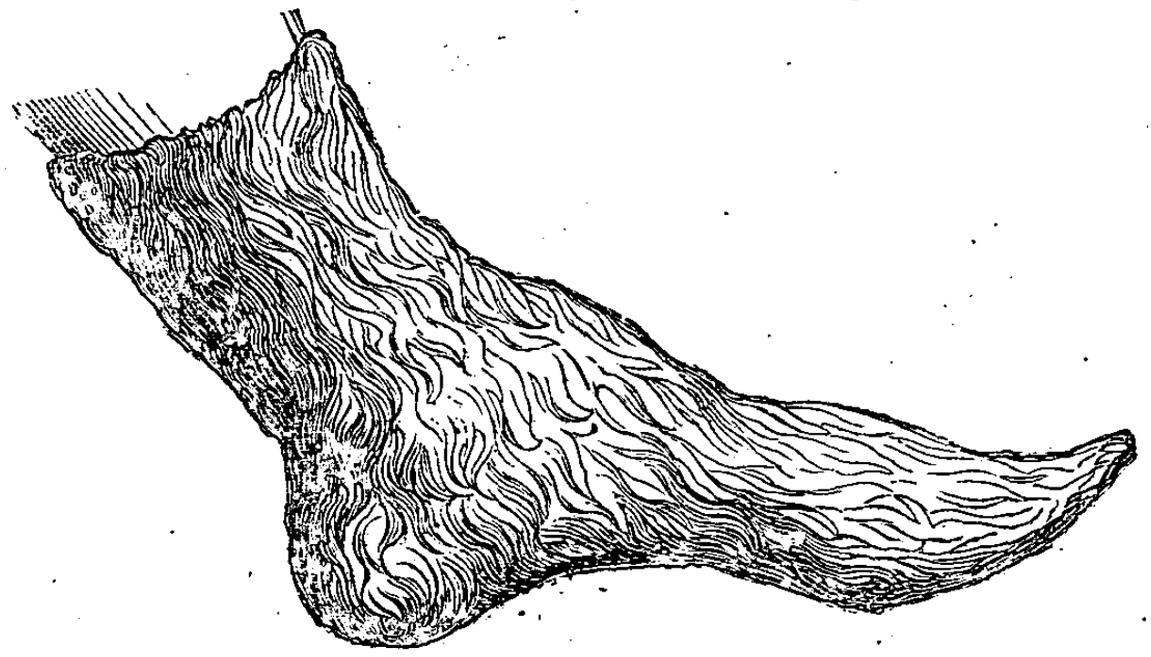


Fig. 98. — *Demi-botte d'Attila.*

les courtisanes, les hétaïres enfin, enveloppaient leurs pieds dans des chaussures d'étoffes blanches, très légèrement et très gracieusement fabriquées, appelées *persiques* et *mésopersiques* ; elles chaussaient aussi une espèce de pantoufle très gracieuse et très ornée que l'on nommait *baucide*. Ces baucides étaient généralement de

couleur jaune safran. Elles donnèrent leur nom à une danse lascive : le *baucisme*. La *caucide* n'était point, ainsi que l'ont dit plusieurs écrivains, un autre genre de pantoufle de femme. C'était la même chaussure que la *baucide*; le mot seul est d'un dialecte différent. Les *nymphides*, chaussures virginales, dont nous n'avons pas trouvé de modèles, étaient blanches et de forme légère. Les *nymphides* étaient exclusivement affectées aux fiancées, lors de la cérémonie de l'hyménée. Les jeunes épouses pouvaient continuer de les porter pendant les premiers temps de leur mariage. Les *nossides* ou *neossides* étaient des souliers spécialement destinés aux jeunes filles.

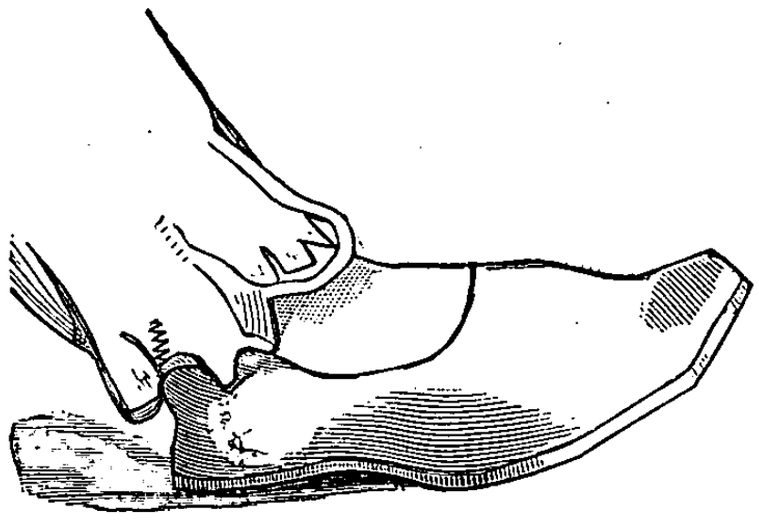


Fig. 99. — *Une gallica.*

La chaussure des philosophes, les *baxées*, avec ou sans empeignes; les chaussures des vieillards, les *proschènes* et les *conipodes*; la chaussure pour la nuit, les *nyctipédiques* et cent autres dont on trouvera le détail dans notre *Histoire de la chaussure, de la cordonnerie et des cordonniers célèbres*.

En ce qui concerne le nombre des chaussures de femmes, nous croyons que Pollion est plutôt au-dessous de la vérité qu'au-dessus. En effet, la chaussure était une partie si importante du costume féminin, que les femmes de chambre des élégantes d'Athènes suivaient ainsi que nous venons de le dire leurs maîtresses en portant, pour leur usage journalier, une *sandalathèque*, boîte contenant cinq ou six paires de chaussures.

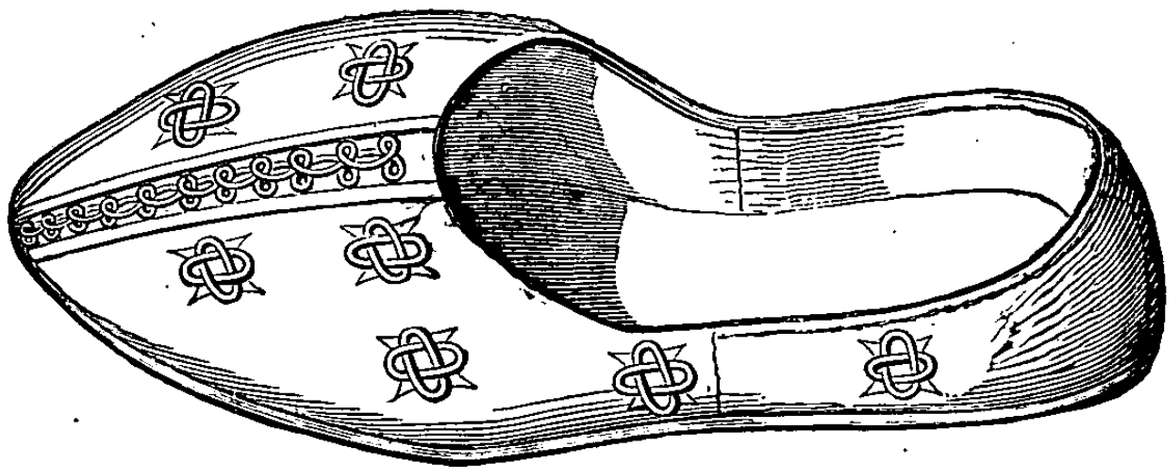


Fig. 101. — *Mule du pape Sylvestre Ier.*

son avenir : « Je ne vendrais pas ma liberté pour tous les trésors de la Grèce, » répondit celui-ci au premier magistrat de la République d'Athènes. L'offre et le refus les honorent tous deux.

Les Etrusques excellaient dans l'art de la chaussure comme dans beaucoup d'autres. C'est ainsi que l'on trouvera sur les vases étrusques du Louvre des bottes, des bottines et des brodequins très ornementés; ainsi que dans le Musée de Gori, des *brodequins* ornés qui ont la somptuosité des chaussures à crevés du moyen âge et la richesse des piqûres des temps modernes (fig. 88 et 89).

Herculanum et Pompéi nous offrent aussi des modèles de souliers très curieux et se rapprochant beaucoup par leur forme des souliers du XVIIIe siècle, toujours moins le talon; le talon est d'invention moderne.

Les chaussures de la Rome antique sont nombreuses; de la *solea des plébéiens*, semelle de bois maintenue aux pieds par une simple courroie, au *campagus* des Césars, quelle variété n'aurait-on pas à décrire! C'est d'abord la *solea des patriciens* qui ne diffère de la première que dans les ornements de la fermeture et dans le choix du bois de la semelle.

C'est ensuite la *solea à quartier* que l'on trouve au Louvre, chaussant le pied de la statue de Cincinnatus; puis viennent les *péros*; le simple est taillé dans une peau crue, sans semelle, ouverte à partir du cou-de-pied jus-

On comprend qu'avec une telle variété de chaussures, il y ait eu dans l'ancienne Grèce, comme nous avons en France, des villes et des villages entièrement occupés par des fabricants de chaussures tels que le sont aujourd'hui Lillers et Liancourt. Ces villes étaient Amyclée, en Laconie; Sicyone et l'île Colophon. Ambracie, Chalcy et d'autres donnèrent aussi leurs noms à des chaussures

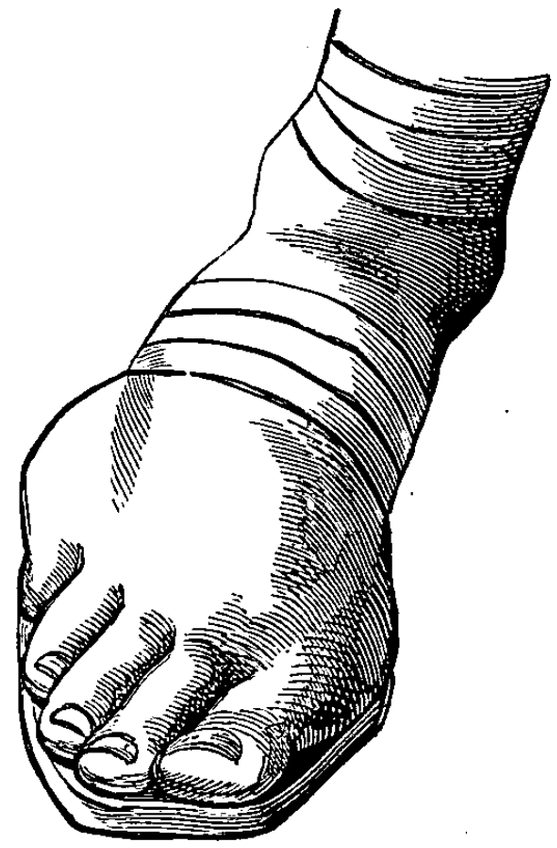


Fig. 100. — *Sandale de Jésus et des apôtres.*

dont la forme avait été trouvée par les cordonniers du pays.

La Grèce ancienne eut des cordonniers célèbres: entre autres le général Iphicrate, fils de cordonnier dont nous avons parlé plus haut. Il répondit un jour à un sot qui lui reprochait l'obscurité de sa naissance : « Je serai le premier de ma race et toi le dernier de la tienne. » Et Simon d'Athènes, à la fois corroyeur et cordonnier, auquel nous devons trente-trois dialogues dans lesquels il expose la doctrine de son ami Socrate, lequel venait souvent passer de longues heures dans l'atelier de Simon. Périclès proposa à Simon de vivre près de lui, se chargeant d'assurer

qu'à la naissance de la jambe et noué par un simple cordon dont les deux bouts se fixent par une bouffette ; le *péro orné* a une semelle tannée et une tige en peau mince également tannée ; enfin le *calceus des gens de métier*, soulier fermé; le *calceus des empereurs*, celui *des magistrats*, et le *mulleus brodequin* des Césars (fig. 90).

Le mulleus est la chaussure princière qui a succédé au *campagus* et ensuite alterné avec lui.

Le *mulleus-brodequin* était une botte à semelle forte à tige en peau de maroquin teint de pourpre, avec revers et bonnet de la tige également en maroquin, mais souvent dorés.

Le *campagus* (fig. 91) qui avait commencé par être la chaussure des personnages plus ou moins distingués, avait alors la tige en peau noire ; lorsqu'il devint la chaussure des empereurs et des princes, on le fit toujours en maroquin rouge-pourpre avec broderie et galon d'or ; la peau débordante de la tige, soit de lion ou de tigre, était mégissée soigneusement; la fermeture était toujours d'or, et souvent une agrafe remplaçait les anneaux qu'indique notre modèle, emprunté à une statue antique représentant Marc-Aurèle.

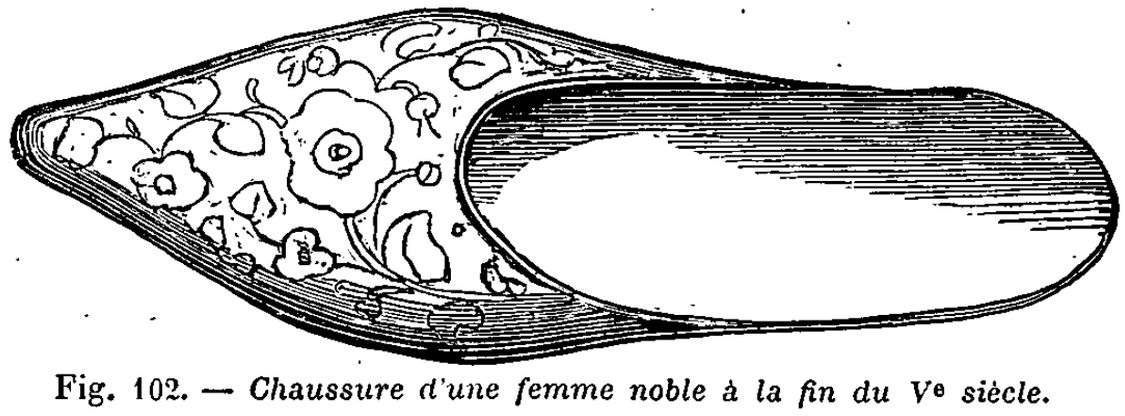


Fig. 102. — *Chaussure d'une femme noble à la fin du Ve siècle.*

L'*obstrigillum*, chaussure des philosophes, est un modèle emprunté à la statue de Posidonius, dont Cicéron et Pompée furent les disciples (fig. 92).

Un mot sur les chaussures militaires dont les principaux types furent la *caliga*. Il y avait trois sortes de caliga.

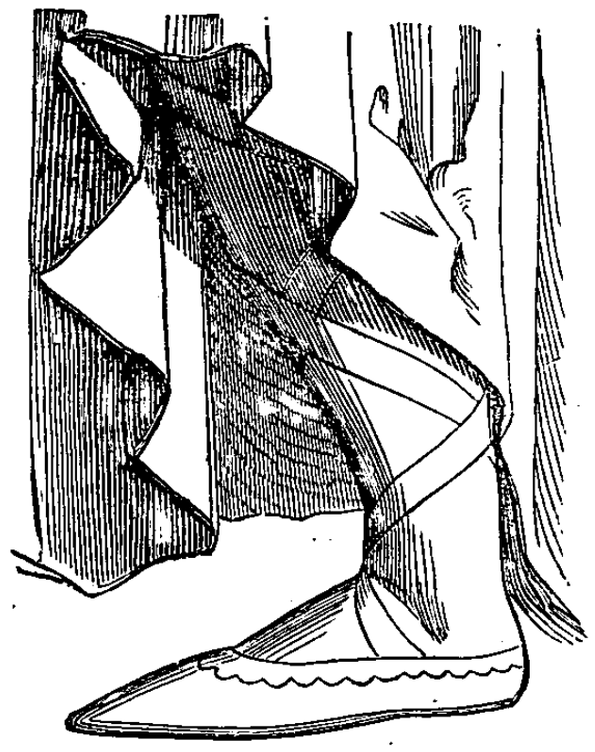


Fig. 103 — *Chaussure d'une femme riche au commencement du VIe siècle.*

La première était celle que portait le *centurion* pendant le combat et tous les soldats en temps de paix.

En temps de guerre le centurion conservait cette caliga, dont la semelle unie et en cuir permettait les mouvements nécessaires à un homme chargé d'en faire manœuvrer cent autres.

La *caliga clavata* du soldat de l'infanterie différait de celle du centurion en ce que la semelle était le plus souvent en bois et que pour les combats qui avaient toujours lieu corps à corps, les clous dont elle était armée, permettaient aux pieds du soldat de pénétrer dans le sol, et, ainsi plantés, en quelque sorte, les combattants devaient vaincre ou mourir sur place (fig. 93).

La cavalerie avait aussi une *caliga clavata*, mais les clous au lieu d'être fixés dans la semelle, débordaient de la lisse de la chaussure et servaient d'éperons, ainsi qu'on peut le voir au pied du cavalier romain que représente la figure 94.

Avant d'arriver au moyen âge, il est intéressant de donner un aperçu des chaussures de divers peuples de l'antiquité. Voici le *brodequin* de ce peuple belliqueux, les Goths, qui envahirent l'empire romain ; la forme solide et commode de ce brodequin fut adoptée plus tard par les Romains eux-mêmes (fig. 95).

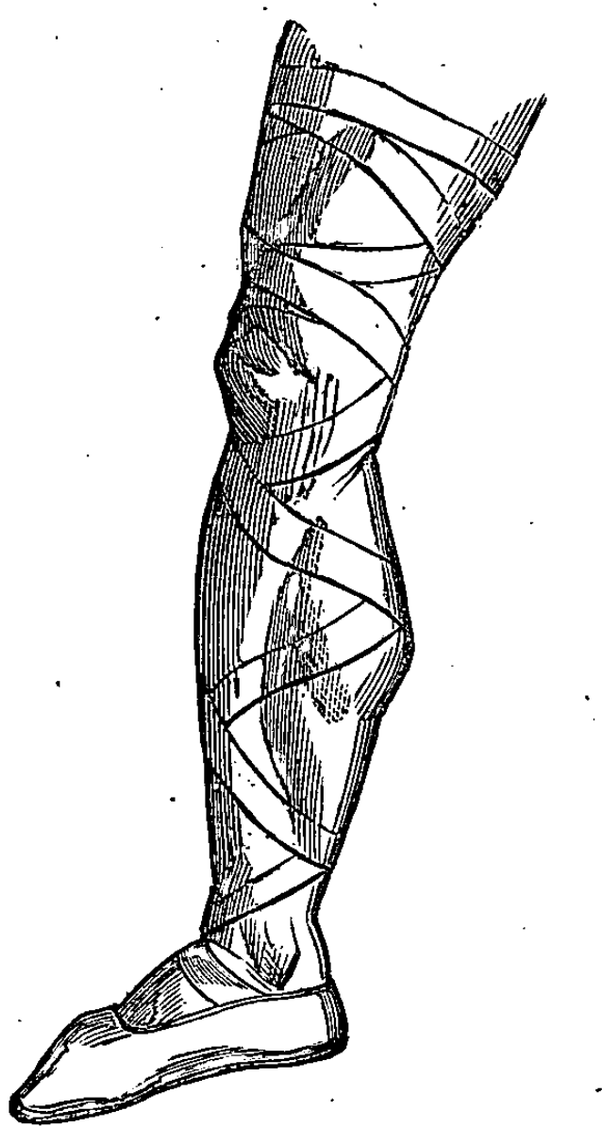


Fig. 104. — *Chaussure d'un guerrier franc, au commencement du VIe siècle.*

Le *brodequin* des Marcomans que la figure 96 représente sans semelle en avait évidemment une, ou alors cela n'était qu'une guêtre recouvrant l'orteil, dont le pied s'enfermait dans un soulier quelconque. On sait que les sculpteurs de l'antiquité négligeaient souvent une partie du costume pour offrir aux regards le plus de *nu* possible, c'est-à-dire la difficulté la plus difficile à vaincre.

Ce brodequin est en réalité une bottine et si les historiens anciens l'ont présenté sous ce nom, c'est qu'ils

avaient oublié que tout brodequin se lace sur le dessus et non sur le côté, comme celui-ci.

La *botte des Gépides*, comme le brodequin des Marcomans révèle un goût et une industrie déjà remarquables.

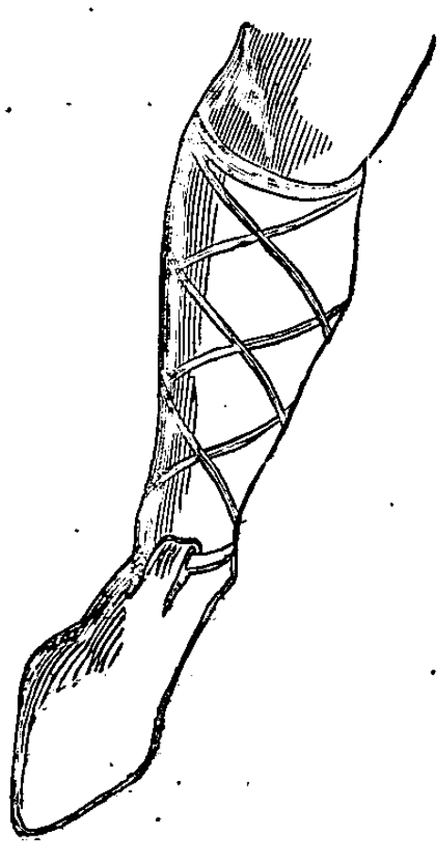


Fig. 105. — *Chaussure d'un homme noble au VIII^e siècle.*

C'est là œuvre de vrai bottier : cette chaussure enveloppe élégamment la jambe, qu'elle maintient fermement à l'aide des lanières plates qui passent dans les œillères parfaitement indiquées sur notre figure 97 où une semelle assez épaisse est également indiquée.

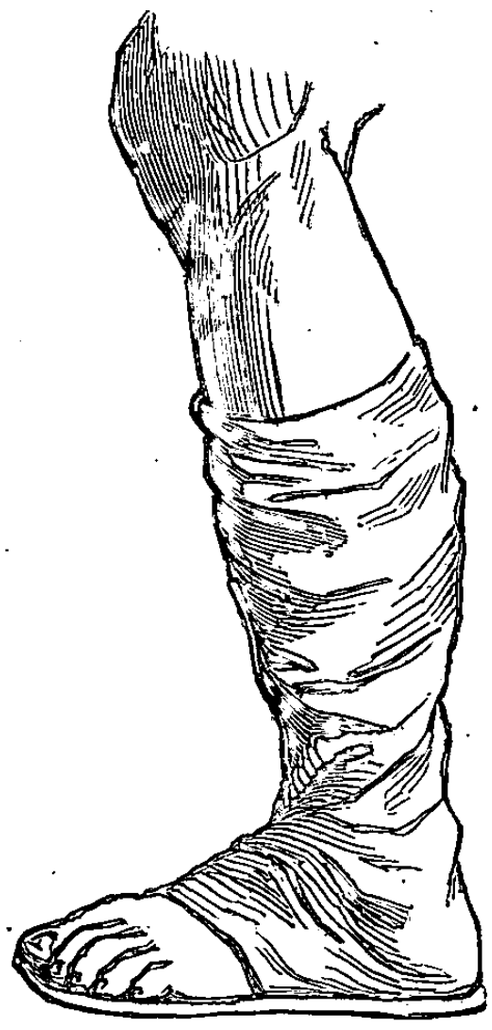


Fig. 106. — *Chaussure d'un homme du peuple au IX^e siècle.*

Citons, mais pour mémoire seulement, la *demi-botte* d'Attila qui est tout simplement prise dans une peau recouverte de son poil et dont la chair est posée à nu sur la jambe et le pied de ce terrible conquérant (fig. 98).

La *gallica*, qui fut la première chaussure de nos pères, avait la semelle en bois et l'empeigne en peau comme nos galoches modernes. Il y en avait aussi dont l'empeigne

Fig. 107. — *Chaussure d'un homme noble au IX^e siècle.*

était façonnée comme le sont encore nos galoches actuelles (fig. 99).

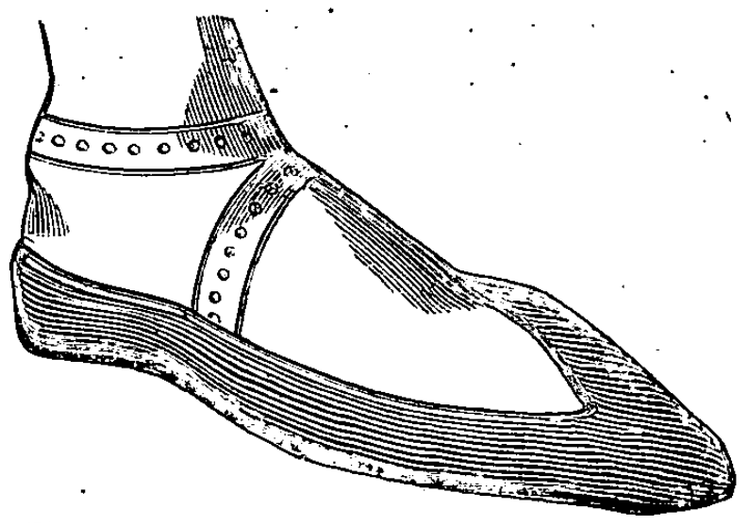


Fig. 108. — *Soulier de femme au XII^e siècle, d'après Herbé.*

N'oublions pas la chaussure sacrée, représentée par deux types bien différents (fig. 100 et 101). La première,

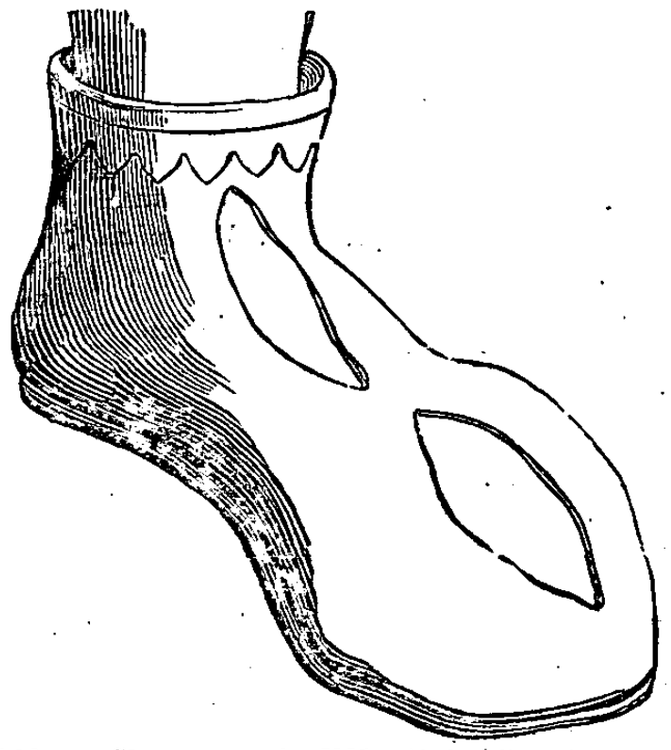


Fig. 109. — *Chaussure du XII^e siècle, d'après un missel de la Bibliothèque nationale de Paris.*

est la sandale de Jésus et de ses apôtres dont la simplicité rappelle la chaussure du soldat romain ; la seconde,

est la mule du pape Sylvestre Ier. Une semelle forte en cuir maintenue au pied par des courroies, c'est tout ce qu'il faut à celui qui va porter la parole de Jésus, et à Jésus lui-même pour prêcher l'égalité, à une époque où la force brutale était souveraine, et la fraternité, alors que

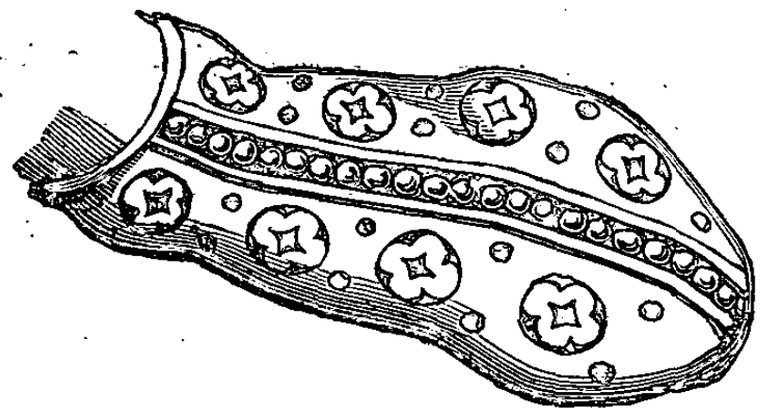


Fig. 110. — *Chaussure de Jean, fils de saint Louis, XIIIe siècle.*

l'esclavage, cette lèpre morale de l'antiquité, s'était étendu sur le monde.

Trois cents ans plus tard, celui qui représentait Jésus et ses apôtres, le pape Sylvestre Ier, dont le règne eut l'honneur de voir se terminer la fin des persécutions des chrétiens, chaussait ce soulier, improprement appelé mule, et fait de splendide maroquin rouge bordé et brodé d'or. — Entre cette sandale et cette mule, quel contraste!

On vient de voir par les lignes qui précèdent que la chaussure dans l'antiquité, et surtout celle des femmes,

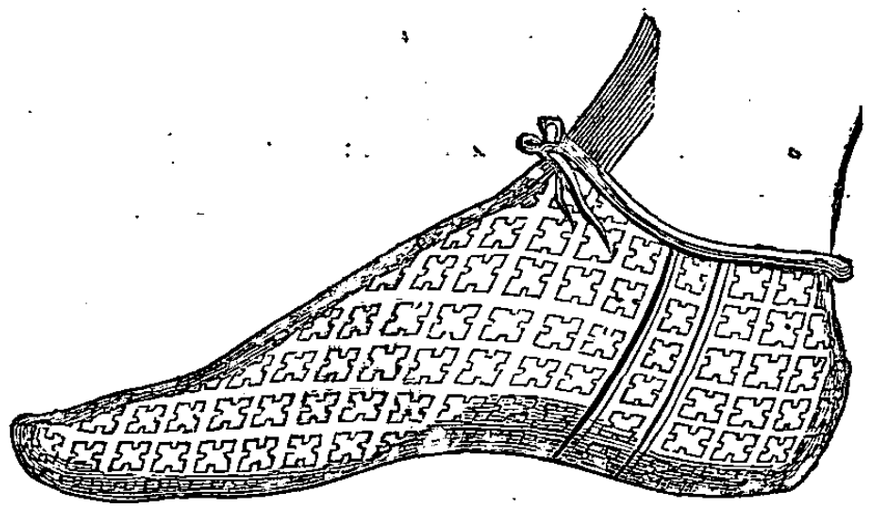


Fig. 111. — *Chaussure de Philippe de France, frère de saint Louis, XIIIe siècle.*

a été l'objet d'un soin particulier; c'est qu'en effet la femme a toujours été désireuse de plaire et le pied délicatement chaussé est un des attraits dont elle connaît la puissance.

En Egypte, tous les revenus d'une ville, Hérodote l'at-

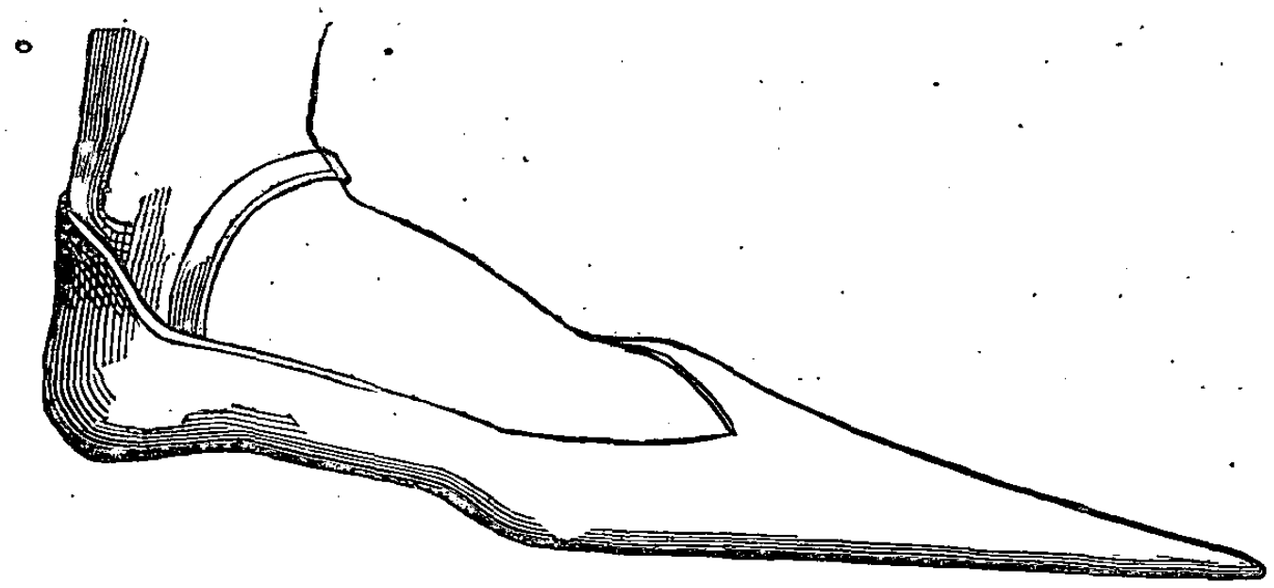


Fig. 112. — *Soulier à la poulaine d'un seigneur au XIVe siècle.*

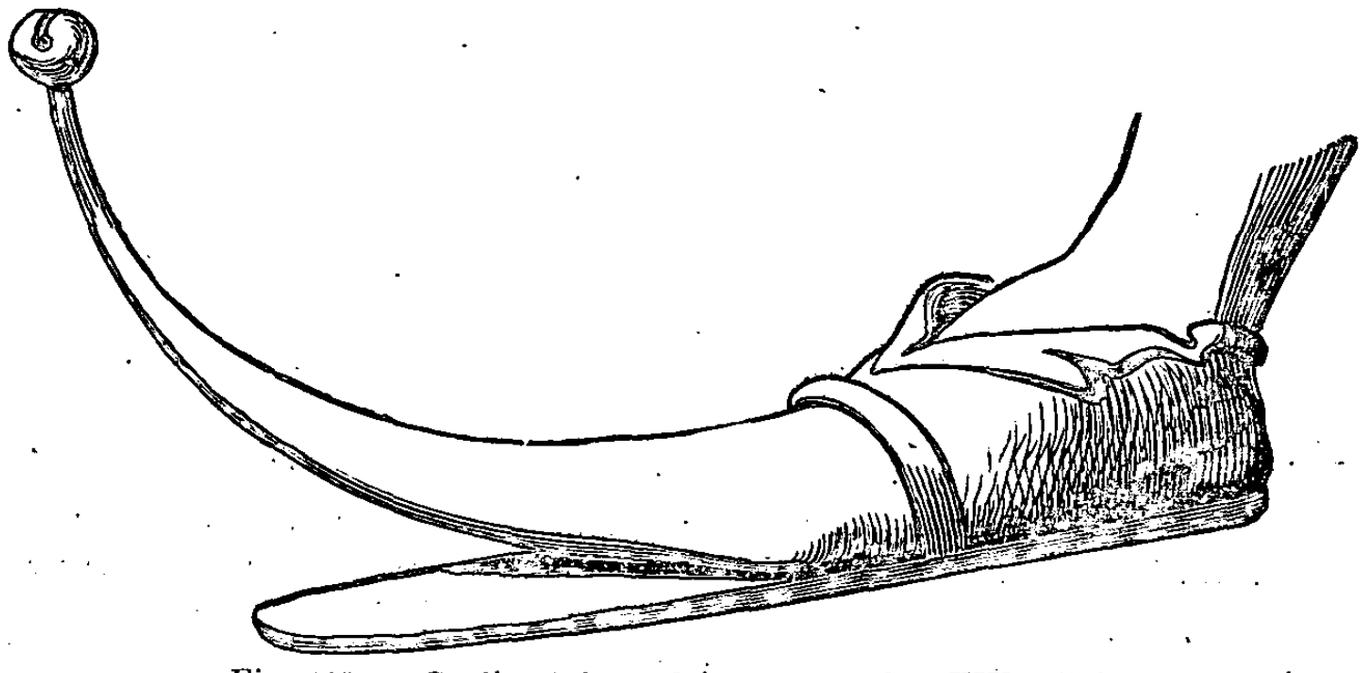


Fig. 113. — *Soulier à la poulaine avec grelot, XIVe siècle.*

teste, étaient affectés à payer la chaussure d'une reine; il est vrai que l'or, l'argent servaient parfois de semelle et que des perles précieuses étaient employées à l'ornementation de ces chaussures. Quelle somme réclamait l'habillement des pieds d'Héliogabale, ce monstre couronné, qui ne portait que des chaussures garnies de pierreries et même sculptées et qui les renouvela assez souvent pour que quelques historiens aient cru pouvoir affirmer que, de même que cet empereur n'admit jamais deux fois la même femme à l'honneur de sa couche, il ne porta jamais deux fois la même chaussure. C'est ce même Héliogabale qui décréta que les seules femmes de qualité pouvaient porter des chaussures couvertes d'argent et de pierres précieuses. Plus de cinquante ans après, Aurélien défendait aux hommes de porter des chaussures peintes.

D'ailleurs, ainsi qu'on le verra, les chaussures furent encore, et jusqu'en 1789, l'objet de nombreuses réglementations.

On retrouve au commencement du moyen âge les chaussures romaines : la sandale, le soulier, la bottine ou le brodequin et la botte que chaussaient Commode et Constantin. Le premier, la botte haute s'ouvrant sur le devant, comme le brodequin avec laçure formant ornement, mais avec un bonnet ou revers à échancrure; et le second, avec une botte molle, en maroquin assez flexible pour former des plis en retombant et assez rigide pour qu'elle ne descende pas au-dessous du mollet ; bottes toujours sans talons.

Dans les Gaules, les usages et les modes de Rome s'étant implantés comme l'administration et la législation, nous retrouverions partout les chaussures déjà décrites. Il nous suffira de signaler quelques dessins des modèles sculptés sur les monuments ou peints sur les manuscrits enluminés que les princes de l'Eglise ou des Etats ont laissés à nos bibliothèques.

Nous donnons (fig. 102) une chaussure de femme d'après Herbé qui date de la fin du Ve siècle et du commencement du VIe siècle.

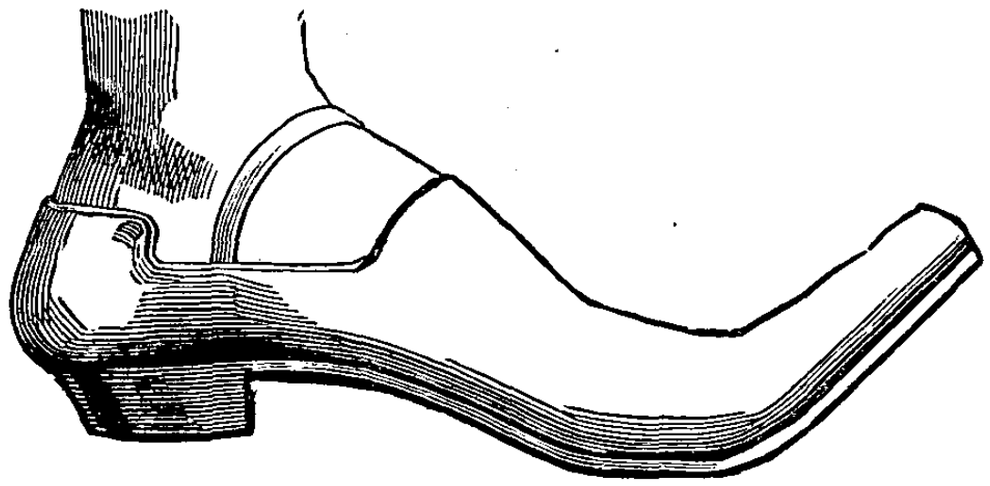


Fig. 114. — *Soulier d'un varlet, XVe siècle.*

C'est à vrai dire ce que nous appelons aujourd'hui une *mule ;* la semelle est en cuir, avec empeigne en maroquin gaufré, ou en cuir mince, recouverte d'étoffe brodée.

Après cette mule, chaussure d'appartement, car l'absence de contrefort n'eût pas permis de marcher facilement ailleurs, voici encore d'après Herbé, le soulier d'une femme riche. Ce soulier tient tout le pied comme le soulier actuel èt s'y maintient à l'aide de petites courroies, qui devaient être d'un tissu fin ou de léger maroquin. La bordure du soulier est faite d'un petit revers dentelé, peut être même piqué tout autour, comme l'indique notre figure 103.

Nous faisons figurer les chaussures militaires à côté des chaussures civiles, toutes les fois que les dessins anciens le permettent. Nous donnons, d'après Herbé, la chaussure d'un guerrier franc au commencement du VIe siècle (fig. 104). C'est un simple soulier de cuir maintenu au pied par des courroies qui s'entrelacent et entourent la jambe au-dessus du genou. La chausssure d'un chef de guerriers au siècle suivant ne diffère de celle-ci que par un ornement entourant le bas de la jambe et par un éperon, ce chef étant un cavalier.

Nous arrivons aux fines chaussures du VIIIe siècle. On voit par la figure 105, combien se modifia la

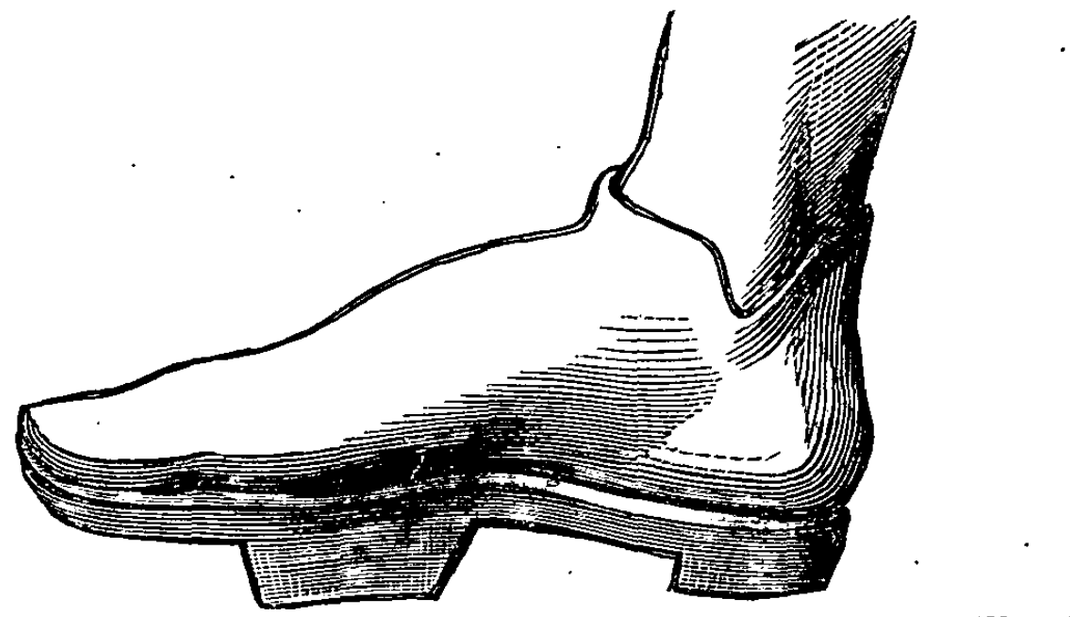


Fig. 115. — *Soulier-patin de Philippe III, dit le Bon, duc de Bourgogne, XVe siècle.*

chaussure pendant ces quelques siècles, et combien les courroies continuèrent à jouer un rôle important dans cette spécialité.

Nous donnons (fig. 106 et 107) deux chaussures du IXe siècle. Celle de l'homme du peuple est une sorte de botte à forte semelle, laissant à nu l'orteil et ayant pour tige un cuir mou, probablement une sorte de basane. La chaussure de l'homme noble est un brodequin dont la semelle est également forte et dont la tige en peau plus rigide que celle de la botte de l'homme du peuple, a besoin, pour être soutenue, des courroies qui sont fixées entre la semelle et la tige et remontent en formant ornement au-dessous du mollet.

Au XIIe siècle, nous trouvons un soulier de femme, maintenu au pied par deux bandelettes riches et ornées probablement de perles ; dans ce cas l'empeigne est en maroquin et la semelle, peu apparente sur la figure 108, doit être en cuir léger de vache.

Un soulier d'homme, de la même époque, est à forte semelle (fig. 109) avec une sorte de revers dentelé et à empeigne en cuir léger, maroquin sans doute, et ouvert de façon à laissèr voir le bas de soie dont le pied du personnage était probablement couvert. C'est incontestablement une chaussure riche et qui nous annonce déjà les chaussures à crevés de la Renaissance.

Toutes les chaussures riches étaient alors faites de peau fine de chevreau ou de maroquin (chèvre spécialement préparée) pour la tige ou l'empeigne, et les semelles en cuir lissé. Les personnes peu aisées ne se servirent guère que de basanes (mouton) pour l'empeigne et de bois.

de liège pour la semelle, car le cuir était alors très cher.

Ce ne fut qu'au XIIIe siècle, à partir de Philippe-le-Bel, que le velours, la soie et autres matières riches furent employés pour la chaussure. C'est à partir du XIIIe siècle que la cordonnerie française entre dans une voie vraiment artistique.

Les chaussures de Jean, fils de Saint-Louis et de Philippe de France, son frère, indiquent l'art du tisseur et celui déjà distingué de l'ornementation pour la chaussure (fig. 110 et 111).

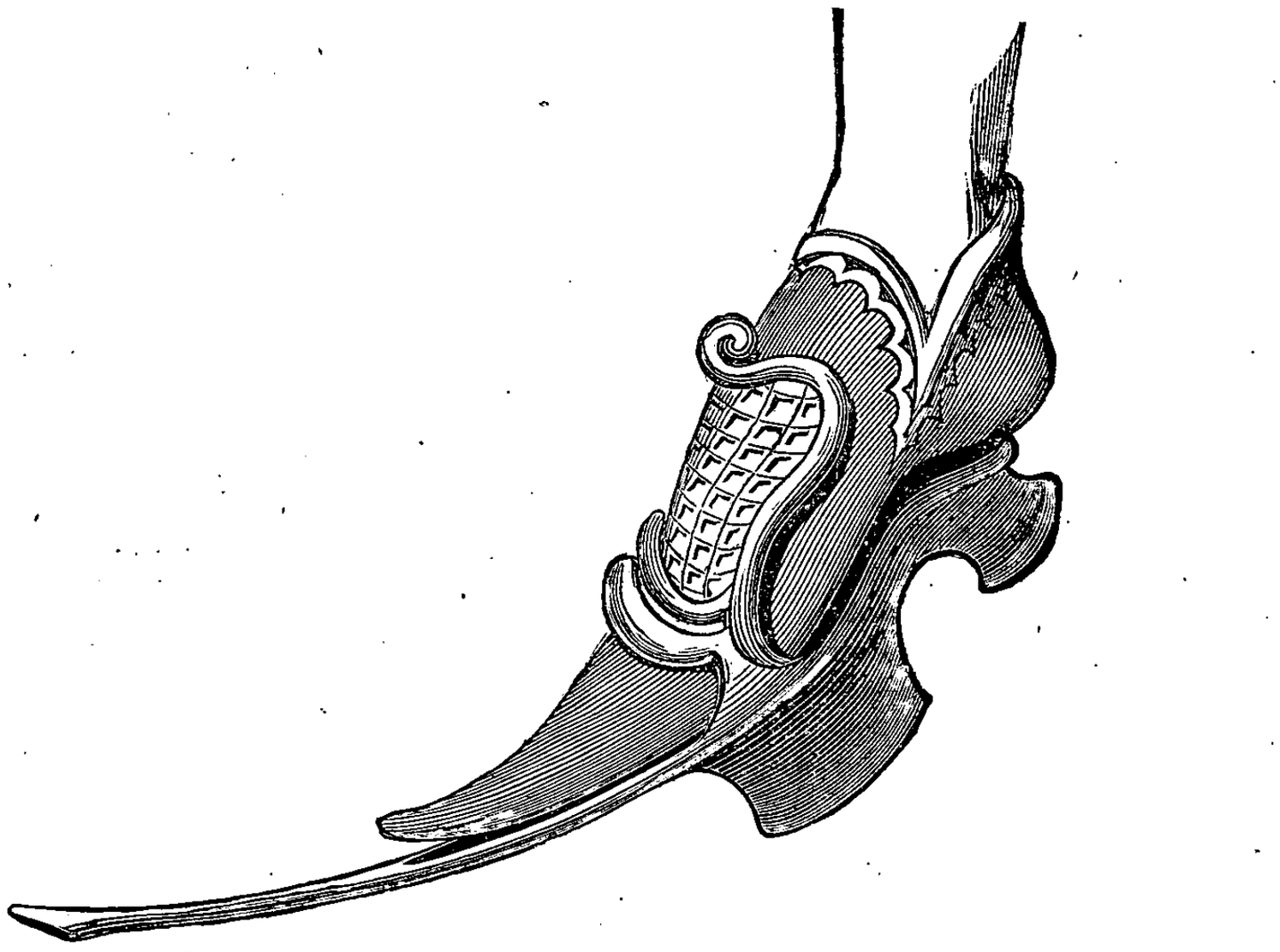


Fig. 116. — *Chaussure avec patin du roi Jean (1440).*

De ces ornementations recherchées et de la préciosité, on arriva bientôt à des innovations qui ne furent pas toutes de bon goût et, ainsi que le disent justement P. Lacroix et Duchêne, dans leur beau *Livre d'or des Métiers*, on put croire que le pied était fait pour le soulier et non le soulier pour le pied.

Nous arrivons enfin à cette poulaine qui fit tant de bruit dans le monde et motiva tant d'arrêts juridiques et cléricaux. Ce fut d'abord le soulier à la poulaine, c'est-à-dire à bout très long pointu, comme celui représenté figure 112.

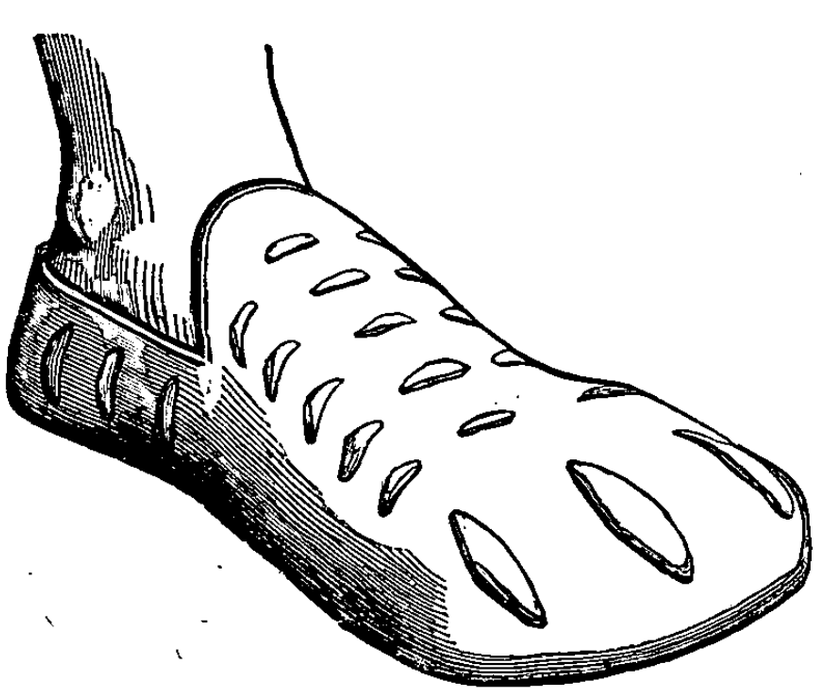


Fig. 117. — *Chaussure de François II, roi de France, XVIe siècle.*

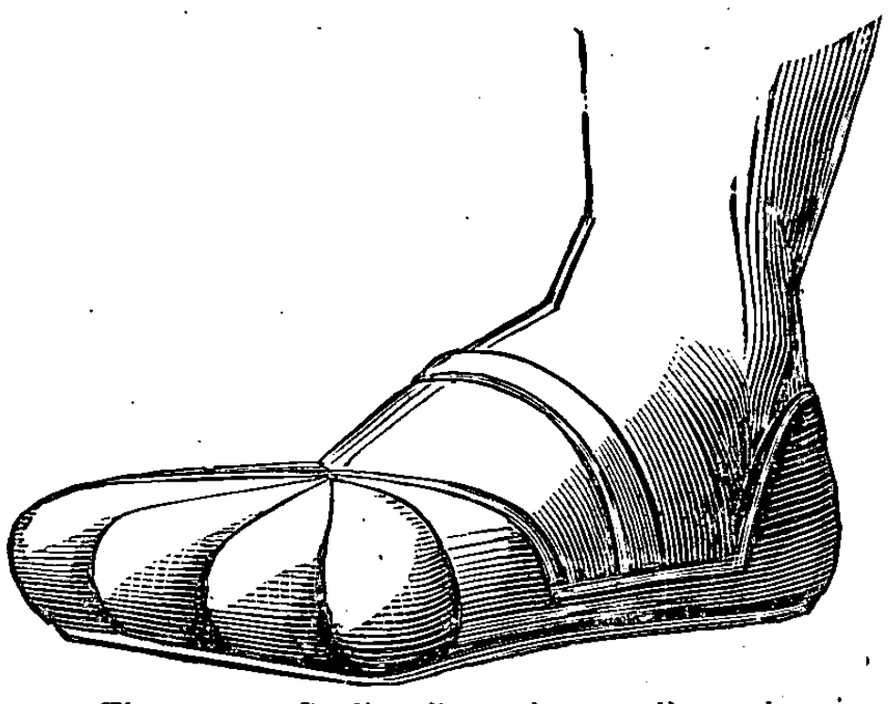


Fig. 118. — *Soulier d'un seigneur allemand, XVIe siècle.*

Ce soulier était en cuir; tout ce qui dépassait les orteils était rembourré de façon à conserver à la pointe sa rigidité. On en fit de plus longs avec la pointe légèrement recourbée et d'autres surmontés de hauts-de-chausses.

Puis on vint au soulier à poulaine très relevée et à grelot avec semelle large et épaisse comme celui de la figure 113.

La semelle forme en quelque sorte patin. Il y eut aussi des poulaines à bouts recourbés que seuls les cavaliers pouvaient porter; ainsi l'on en peut voir une avec une lame de fer au musée d'artillerie de Paris, dans une armure du XIVe siècle. La poulaine de Jean de Châlons, comte de

Tonnerre, dont Gaignières fournit le dessin et auquel nous avons emprunté les nôtres, est très curieuse, car elle se recourbe comme une trompe d'éléphant lorsque celui-ci porte un objet quelconque à sa bouche.

Enfin il y en avait d'ornementées et couvertes de dessins allant même jusqu'à l'obscénité.

Il y en eut aussi dont les pointes furent si longues que

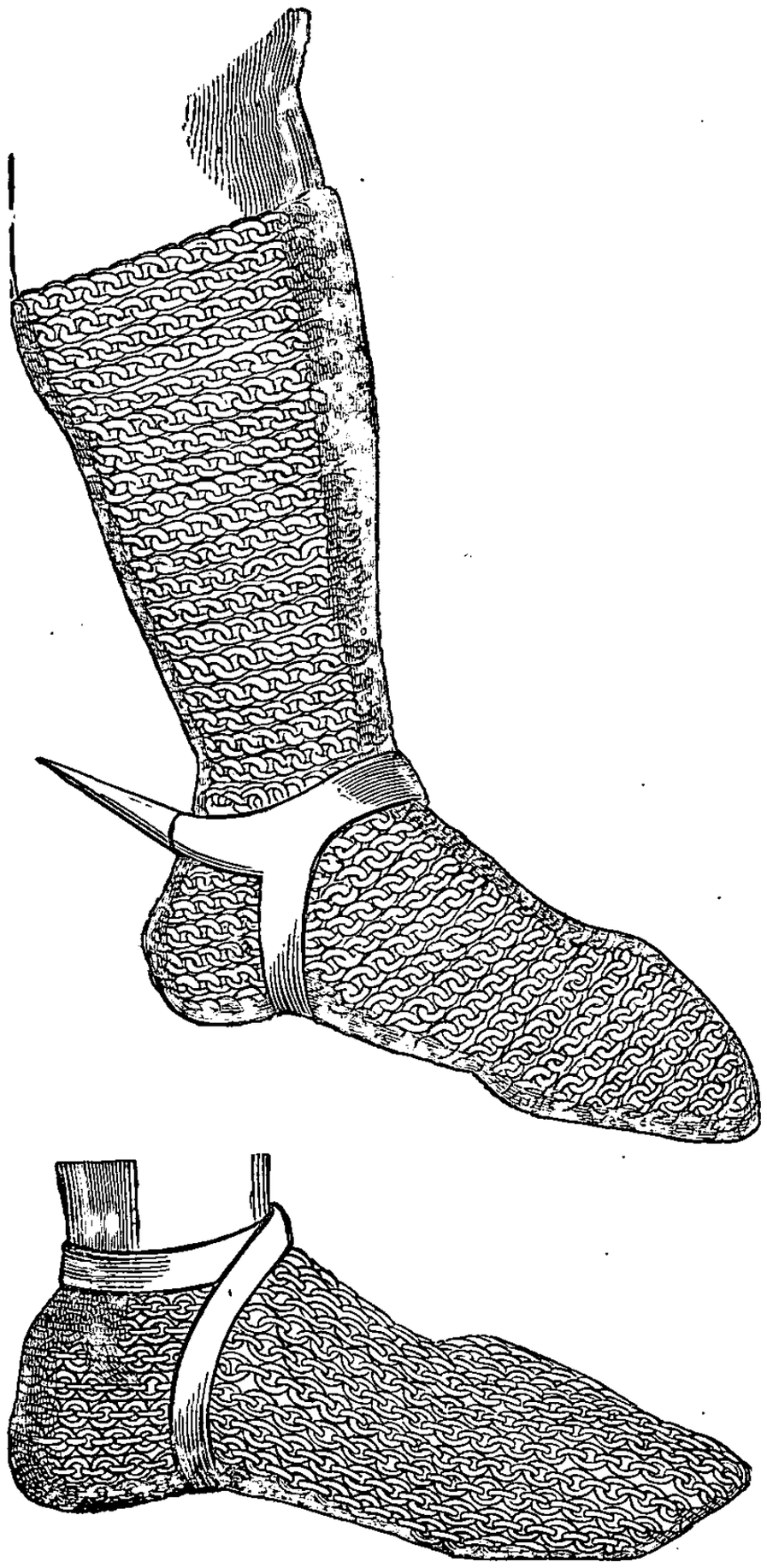


Fig. 119 et 120. — *Chaussures militaires en mailles de fer, XIVe et XVe siècles.*

pour marcher on était obligé d'en attacher le bout à une chaîne d'or ou d'argent fixée au-dessous du genou.

Cette mode incroyable, ridicule, gênante et dont rien ne peut expliquer l'engouement qu'elle provoqua, eut l'honneur d'être anathémisée par des conciles et des bulles papales et par des décrets royaux. Mais cette mode était tellement puissante que les femmes, d'ordinaire mieux inspirées, prirent son parti et que des ecclésiastiques ne consentirent à quitter la poulaine que lorsque divers conciles leur firent la défense expresse d'en porter. Les décrets des conciles à Paris en 1212 et ceux d'Anvers en 1365 prouvent la persistance de cette mode. Le pouvoir temporel prit à son tour des arrêtés prohibitifs. Charles V, par lettres patentes, défendait : « à toutes personnes, de qualité et de condition qu'elles soient, à peine de dix florins d'amende, de porter à l'avenir de ces souliers à la poulaine, cette superfluité étant contre les bonnes mœurs, en dérision de Dieu et de l'Eglise; par vanité mondaine et folle présomption. »

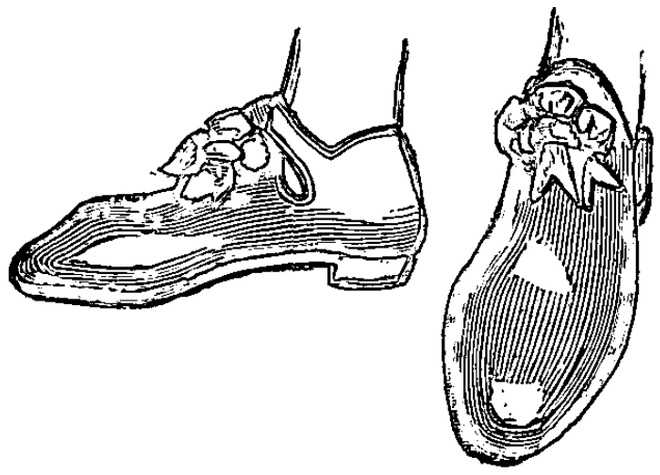


Fig. 121 et 122. — *Chaussures d'un bourgeois, XVIe siècle.*

Cette amende équivalait à 34 francs de notre monnaie et, comme le dit P. Lacroix, c'était au XIVe siècle une somme assez considérable.

Malgré cela, les poulaines résistent et vont même en Angleterre où elles motivent également des décrets royaux. En 1462, un statut d'Edouard IV, rapporté par

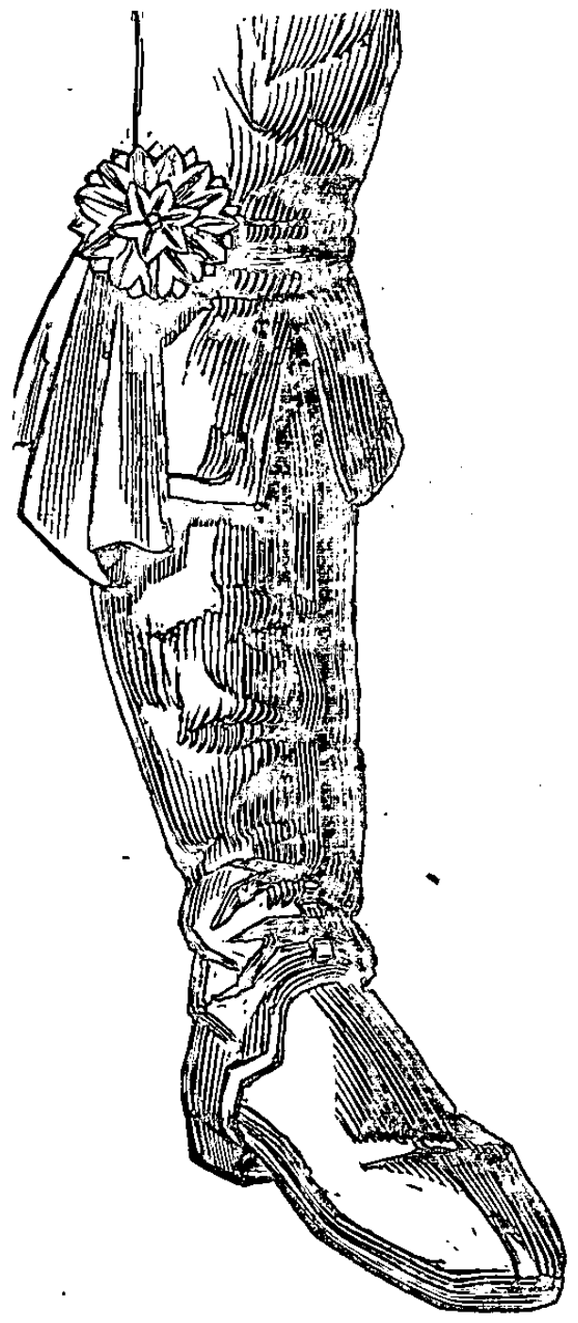


Fig 123. — *Botte militaire de cour en 1596.*

le jurisconsulte Blackstone, défend à tout gentilhomme anglais, à moins qu'il ne soit lord, de porter des souliers ou bottes dont la pointe excédât deux pouces ; puis survint un arrêt du parlement défendant aux cordonniers d'en fabriquer pour d'autres que les personnes nobles. Les poulaines ne disparurent enfin que vers le milieu du

seizième siècle. Il est permis de penser que si l'on avait laissé cette chaussure se fabriquer et se porter librement, elle eût duré peu de temps, mais le fruit défendu a toujours un irrésistible attrait et de tout temps l'autorité récolte la résistance dont l'intolérance est la graine.

Mais tout le monde ne portait pas de ces poulaines qui coûtaient fort cher d'abord et qui ne permettaient pas une marche sérieuse. En plus de la botte pour le cavalier et du soulier en cuir et à petite semelle pour le piéton, les cavaliers et les chasseurs adaptaient à leurs chaussures les célèbres *houseaux* ou *houses*, qui n'étaient que de fortes guêtres en cuir dont la création remonte au xe siècle et qui furent célébrées par une ballade de Villon.

Nous allons donner quelques dessins de chaussures caractéristiques françaises et étrangères du xve siècle.

Ce soulier d'un varlet (fig. 114) se ressent un peu du

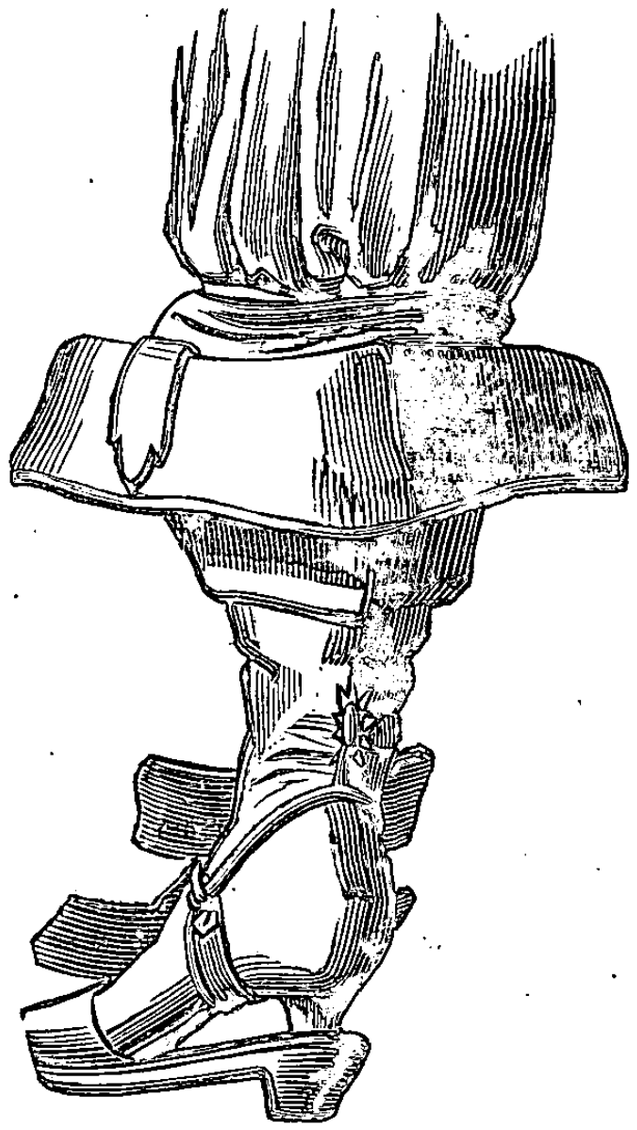


Fig. 124. — *Botte à entonnoir et à patin d'un seigneur au XVIIe siècle.*

voisinage de la poulaine; le bout est carré, mais il est relevé et d'une longueur exagérée. Un fait caractéristique, c'est l'apparition du talon à cette chaussure. Jusque là les chaussures ont toutes la semelle unie comme dans l'antiquité (V. *l'Histoire de la chaussure* du bibliophile Jacob et d'Alphonse Duchesne). Dans la première édition de notre *Histoire de la chaussure dans l'antiquité* on voit apparaître, dans l'Egypte ancienne, sur un des dessins empruntés à Rosellini, une botte à talon, mais c'était là une exception et ce haut talon avait pour but d'isoler le pied du boucher, du sang qui s'échappait du corps des animaux qu'il abattait. Revenons à notre description. On trouve à la même époque des chaussures à patin.

La chaussure plus rustique que princière, que portait le fils de Jean sans Peur est faite de ce cuir épais que déjà fabriquaient avec solidité sinon avec élégance les Flamands chez lesquels ce prince résidait le plus souvent (fig. 115).

Comme ce soulier est loin de la chaussure à patin du roi Jean (fig. 116) !

C'est là une chaussure d'une rare élégance, quoique rappelant la poulaine dont nous avons parlé plus haut. Nous croyons que le patin était distinct de la chaussure et si, comme notre dessin paraît l'indiquer, la partie formant patin et talon était en morceaux de cuirs superposés, la partie formant le cou-de-pied devait être en bois sculpté et à jour. Le soulier était évidemment en fin maroquin dont l'ouverture était bordée et ornementée avec goût.

De l'exagération de la longueur on devait arriver à l'exagération opposée; aussi voyons-nous, au commencement du xvie siècle, apparaître des chaussures dont la largeur du bout dépasse toute mesure et cela aussi bien en Allemagne qu'en France.

Les deux chausssures que nous montrons (fig. 117 et 118) l'une ayant appartenu à François II et l'autre à un seigneur

Fig. 125. — *Botte d'un seigneur de la suite d'Anne d'Autriche (XVIIe siècle).*

allemand, dépassent de beaucoup la largeur nécessaire au logement de l'orteil.

On comprend que les crevés en soie s'échappant d'une empeigne faite de cuir fin et clair, ou également en soie mais toujours d'une couleur bien tranchée de celle des crevés, aient une certaine élégance, mais que penser de ces quatre bouffissures dont est formé le bout du soulier allemand.

La chaussure à patin de l'homme du peuple dont on peut voir un dessin dans le manuscrit No 44, (fonds Lavallière à la Bibliothèque nationale de Paris), ressemble assez au soulier-patin de Philippe-le-Bon, seulement les patins sont attenants à la semelle, qui se maintient par une large bride enserrant le pied, entre la naissance de l'orteil et du cou-de-pied.

C'est ici le moment de donner place aux chaussures militaires des xive et xve siècles dont nous donnons quelques dessins. Nous devons encore à Herbé ce soulier et cette botte faites en mailles de fer et dont se complétaient les armures des preux (fig. 119 et 120).

On sait que ce n'est que vers la fin du XIe siècle que commencèrent à figurer ces armures qui rendaient presque invulnérables ceux qui les portaient. Mais ce n'est guère qu'à partir du XIVe et du XVe que l'on voit les *greves* complètes, c'est-à-dire non seulement l'armure de la jambe mais aussi celle du pied.

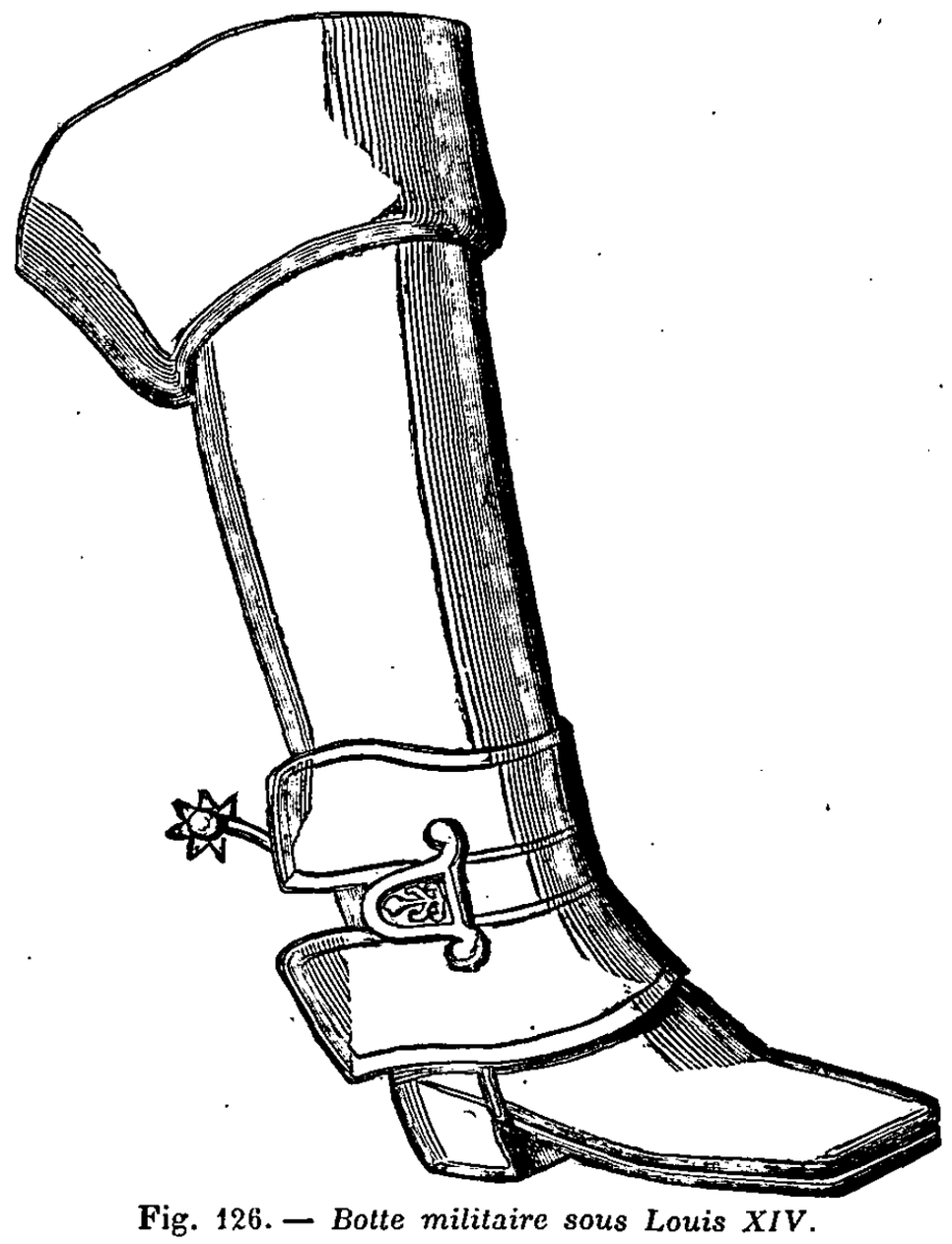


Fig. 126. — *Botte militaire sous Louis XIV.*

Les chaussures d'un bourgeois du XVIe siècle que nous donnons (fig. 121 et 122), d'après Willemin, sont les types d'où vont sortir les nombreux modèles de la cordonnerie française.

Ils sont parfaitement compris comme forme, coupe et exécution. Le bout est assez large sans être trop carré; le talon est plat et peu élevé, ce qui donne de l'aplomb au corps du marcheur; enfin la façon dont il se ferme et s'ouvre est simple et commode; le nœud qui produit cette fermeture est simple et assez étoffé cependant pour ornementer la chaussure.

Fig. 127. — *Soulier de cour sous Louis XIV (homme).*

Notre figure 123 représente la botte militaire de cour en 1596. Celle de l'armée n'en différait que par l'absence de rosette et l'éperon qui était maintenu au-dessus du cou-de-pied par une large bride, ainsi que la botte bien connue de Henri IV, qui ne diffère en rien de la botte des seigneurs qui l'accompagnent dans les batailles et suivent son panache blanc. C'est absolument la même que la botte de cour, sans rosette à nœud pendant, mais les revers relevés sur le genou, et éperonnés. La tige de la chaussure de cour doit être de cuir jaune fauve; celle pour l'armée doit être en cuir noir gras, facile à passer

au suif ou au cirage à l'œuf pour résister aux intempéries et permettre un nettoyage prompt; ce qui convient au parquet uni d'un salon ferait piètre figure pour supporter les intempéries de l'air et les fatigues des évolutions d'un combat.

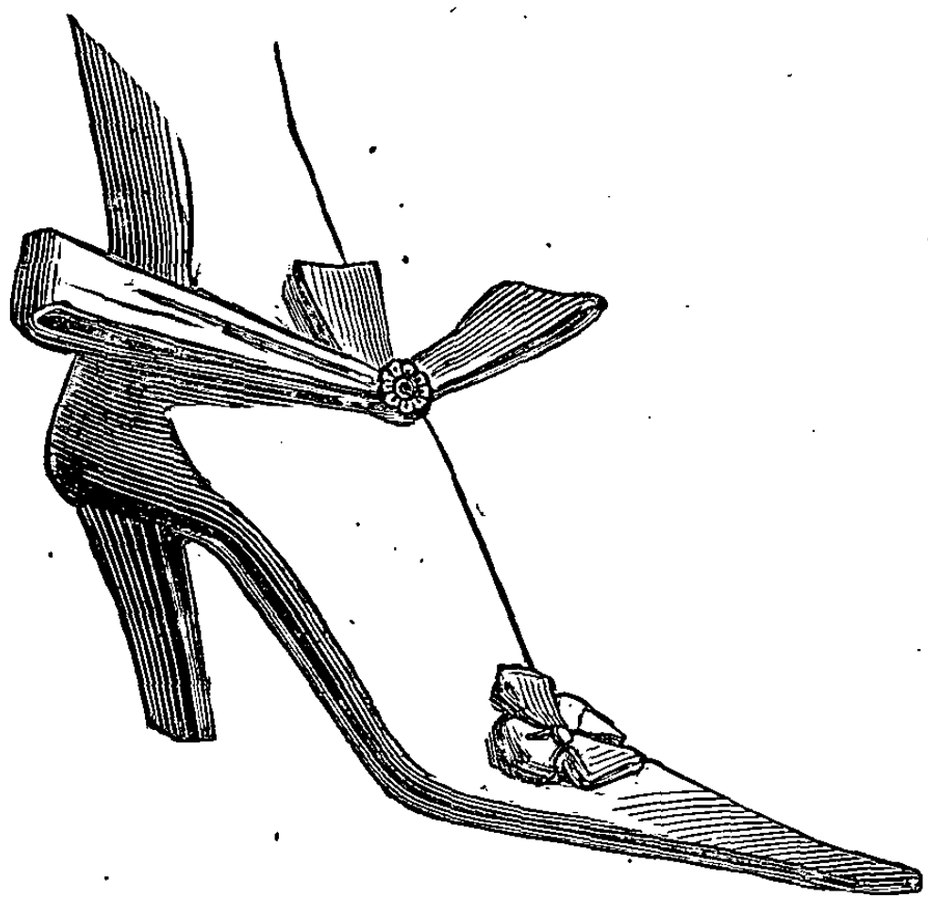


Fig. 128. — *Soulier de cour sous Louis XIV (femme).*

que, si à nos dernières expositions on s'extasiait devant les vitrines de la chaussure, de même on reste ébloui et ravi devant les créations *cordonnatiques* de cette époque. Que de chamarrures, de dentelles de soie brodées d'or et d'argent; le velours et le brocart étaient

Le XVII^e^ siècle est pour la chaussure une époque d'innovations élégantes et d'un goût délicat, parfois peut-être un peu voisin de l'afféterie. On sait de quelle exigence Louis XIV était au point de vue de la forme du costume. La cordonnerie, sous lui, devint un véritable art et de même mis en taille par le cordonnier pour la chaussure des dames. Le bottier avait également une variété grande de chaussures. On avait alors des bottes fortes et des bottes molles, des bottes pour la pêche, des bottes pour la chasse, des bottes pour la ville, des bottes pour la campagne ; des

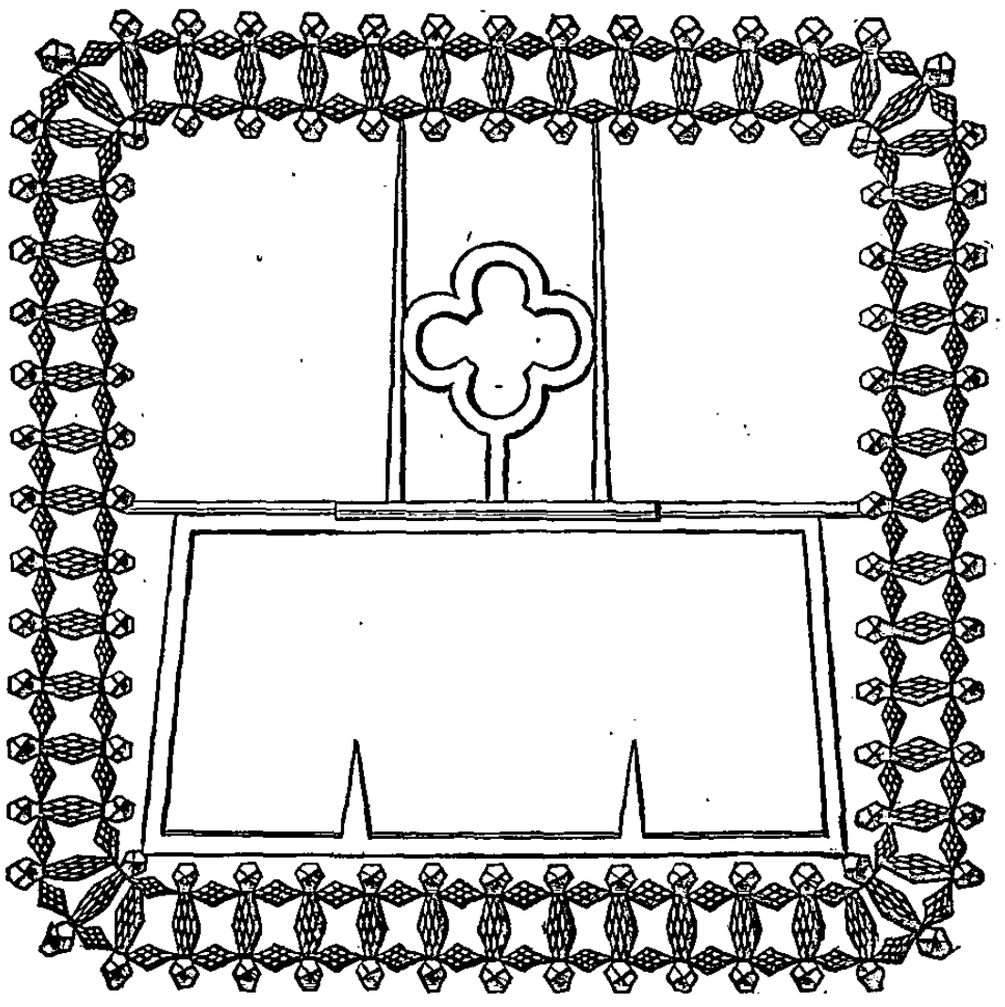


Fig. 129. — *Boucle de soulier (1787).*

bottes noires et des bottes blanches, et ce dialogue, cité par le bibliophile Jacob en fait foi : « J'avais par dessous ma soutane, fait dire Hamilton au romanesque chevalier de Grammont, des bottines blanches et des éperons dorés.» Qu'y aurait-on vu encore? Des souliers taillés en pointe et des souliers à bouts carrés; des souliers à lacet et des souliers à patin; des souliers garnis d'un talon haut et pointu, ornés de grands nœuds de rubans, de boucles et de rosettes de toutes couleurs ; des souliers à ailes de papillons et d'autres à ailes de moulin à vent; des souliers de cuir bronzé, de maroquin ou de satin blanc, comme ceux de Louis XIV, que l'abbé de Tersan paya un prix énorme,

à titre de relique historique. Tout le monde sait qu'à la cour on ne portait que des talons rouges. Pour les souliers de femme, on faisait des talons de bois, quelquefois hauts, quelquefois bas ; ces souliers, avec ou sans quartiers, étaient de la dernière richesse ; on les galonnait, on les couvrait de broderies ; les cordonniers en taillaient dans la soie et dans le velours, dans le brocart d'argent et dans le brocart d'or. Santeuil, cet homme simple qui ne savait aucun détail des choses les plus nécessaires à la vie, et qui, assure son biographe, si on lui eût demandé quarante écus d'une paire de souliers, se fût contenté de

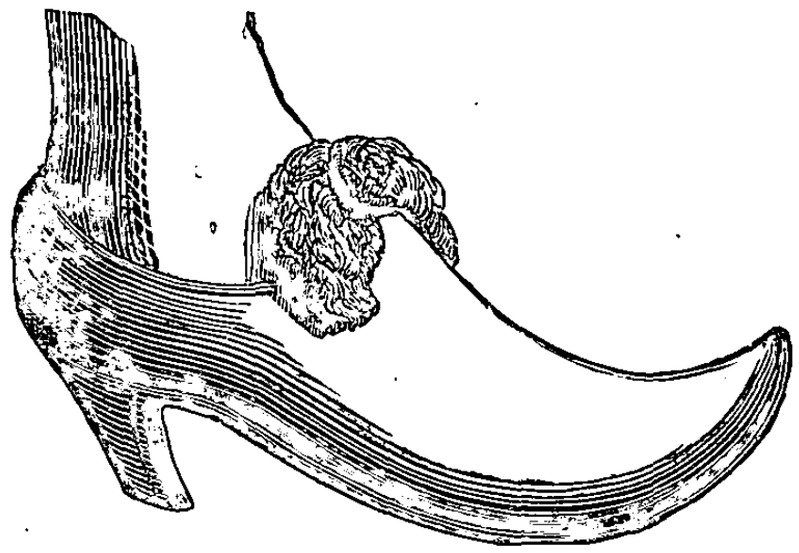


Fig. 130. — *Soulier de femme (1787).*

répondre : « Quarante écus, bons dieux ! une paire de souliers ! cela est bien cher ! » Santeuil, disons-nous, ne se serait point récrié, si on lui eût proposé à ce prix-là certaines chaussures telles qu'en portèrent les seigneurs et les financiers du grand siècle : car, en vérité, quarante écus ces bijoux-là, c'eût été pour rien.

Deux modèles de bottes suffiront pour donner une idée de la richesse de la botterie française d'alors : *la botte à entonnoir* et *la botte à retroussis et à dentelles* (fig. 124 et 125).

Cette botte de cavalier, revêtue de son éperon d'or à mollette d'argent est faite en cuir mou et jaune probablement chamoisé, mais doublé à l'entonnoir de façon à ce que le cuir ait la consistance nécessaire pour former l'évasement du bonnet de la tige.

La botte de seigneur de la suite d'Anne d'Autriche est d'un goût et d'une exécution également très remarquables. Disons cependant que les ouvrières chargées du soin d'ajuster les dentelles au retroussis du cuir, n'avaient pas à vaincre les difficultés de nos brodeuses modernes qui sont de véritables artistes aux doigts de fées.

Pendant que la botte de cour se parait ainsi de bizarres

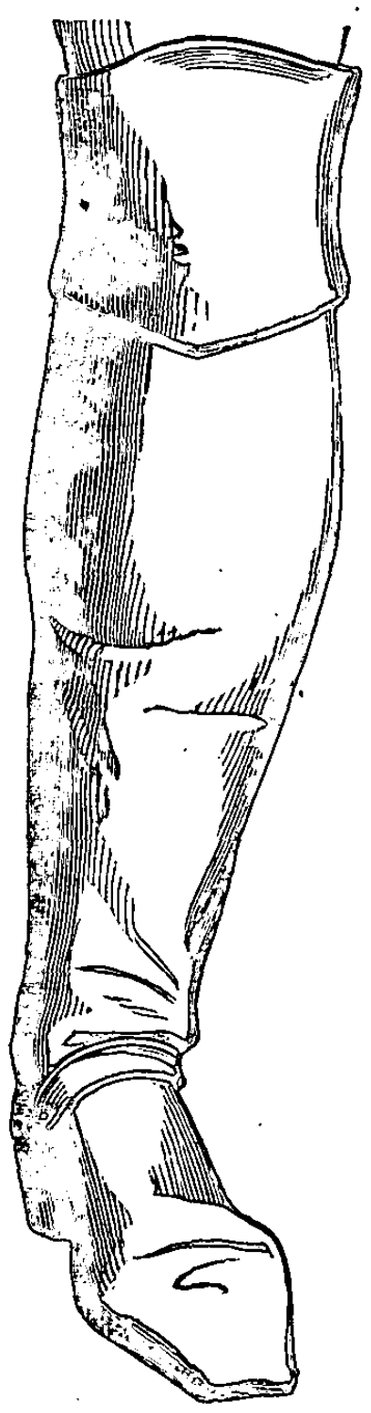


Fig. 132. *Botte de garde du corps (1786).*

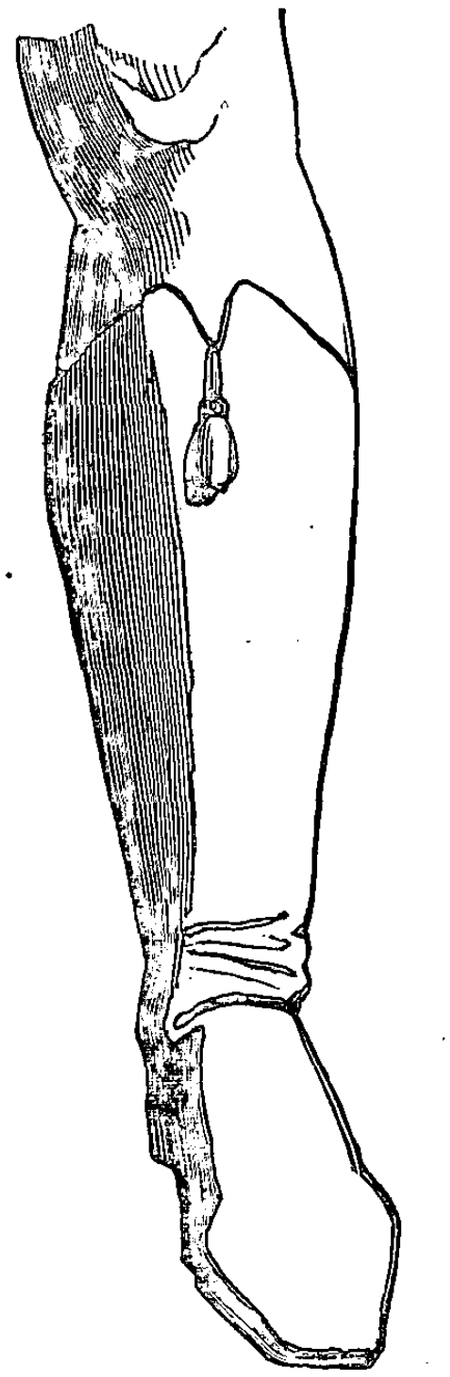


Fig. 133. *Botte d'un houzard-chamboran (1795).*

ornements en cuir et de précieuses dentelles, la botte militaire prenait un caractère à la fois plus sérieux et plus solide que précédemment (fig. 126).

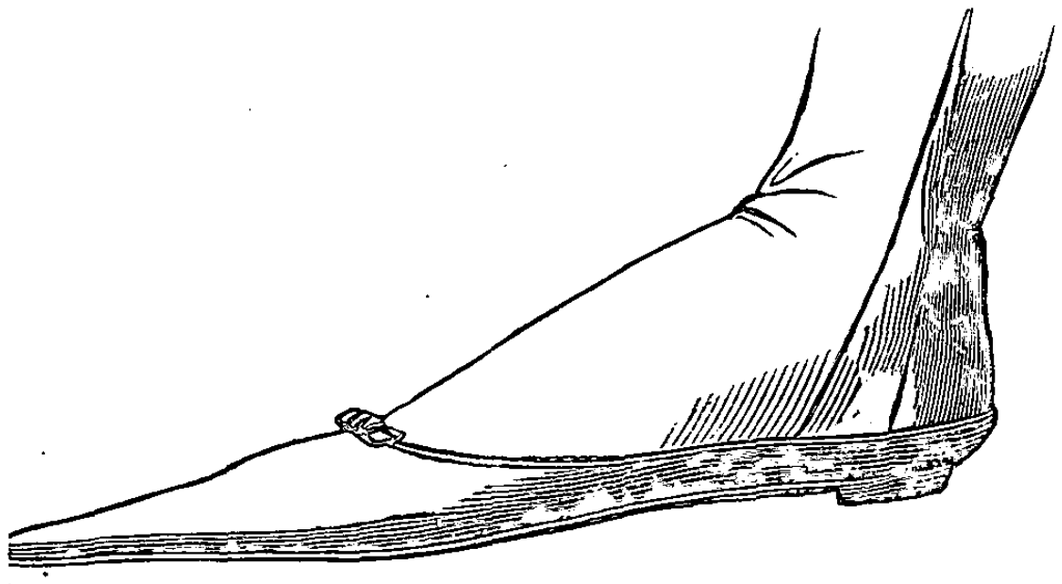


Fig. 131. — *Soulier d'une merveilleuse (1795).*

Cette botte faite en cuir de bœuf pour la semelle, de forte vache pour la tige, est en cuir très ferme assez semblable à celui de nos modernes gibernes et se noircissant de la même façon, à la cire.

Cette botte a donné certainement naissance à celles de nos courriers et de nos postillons. Pour ces derniers il y avait dans l'étrier, assez large pour tenir le talon, une sorte de pointe émoussée qui trouvait sa place dans le talon, de façon à ce que le pied de l'homme soit en quelque sorte emboîté. L'intérieur était rembourré, car souvent

les courriers changeaient de chevaux sans se débotter et les genoux eussent pu être blessés par suite de leur frottement sur un cuir aussi épais et aussi dur.

Deux souliers de cuir, un pour homme et l'autre pour femme, donneront une idée du luxe déployé à cette époque, à laquelle, au point de vue de la chaussure, on doit reprocher ces hauts-talons que nos élégantes modernes exigent encore aujourd'hui. Cela demande au cordonnier qui fait ce

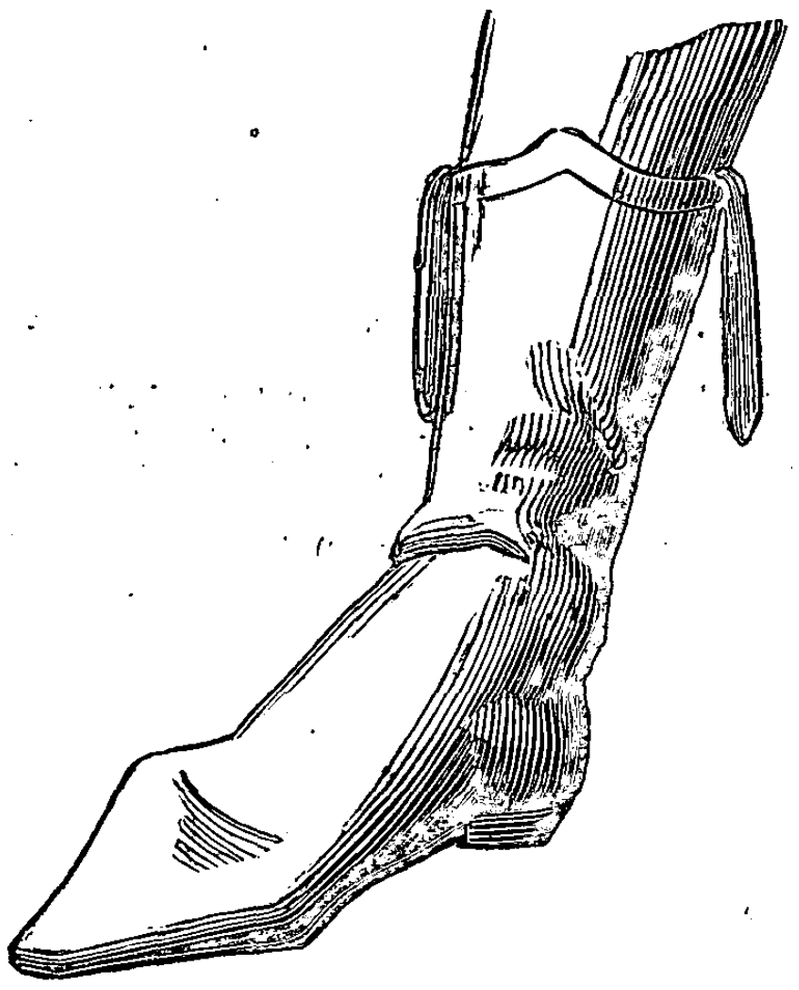


Fig. 134. — *Botte d'un Conventionnel (1793).*

genre de chaussure une grande habileté d'exécution pour arriver à donner au pied, malgré l'étrangeté de ces souliers, une sorte d'aplomb à l'intérieur; sans quoi non seulement la cliente serait à la torture mais elle s'exposerait aussi aux plus graves accidents et à un ébranlement sérieux de la santé. Nous disons *cliente* parce qu'aujourd'hui les hommes ont renoncé à cette mode étrange, à laquelle s'obstinent les dames, même du meilleur monde, et cela malgré les avis réitérés des médecins (fig. 127 et 128).

Le soulier d'homme n'est pas brodé à la main, comme on le pourrait supposer, mais son empeigne est taillée dans de l'étoffe dite *brocard;* souvent les dames de la plus haute société prenaient une étoffe unie, la faisaient pré-

parer au cordonnier et exécutaient dessus des broderies de toutes sortes, soit à l'aiguille, soit au lacet d'or et d'ar-

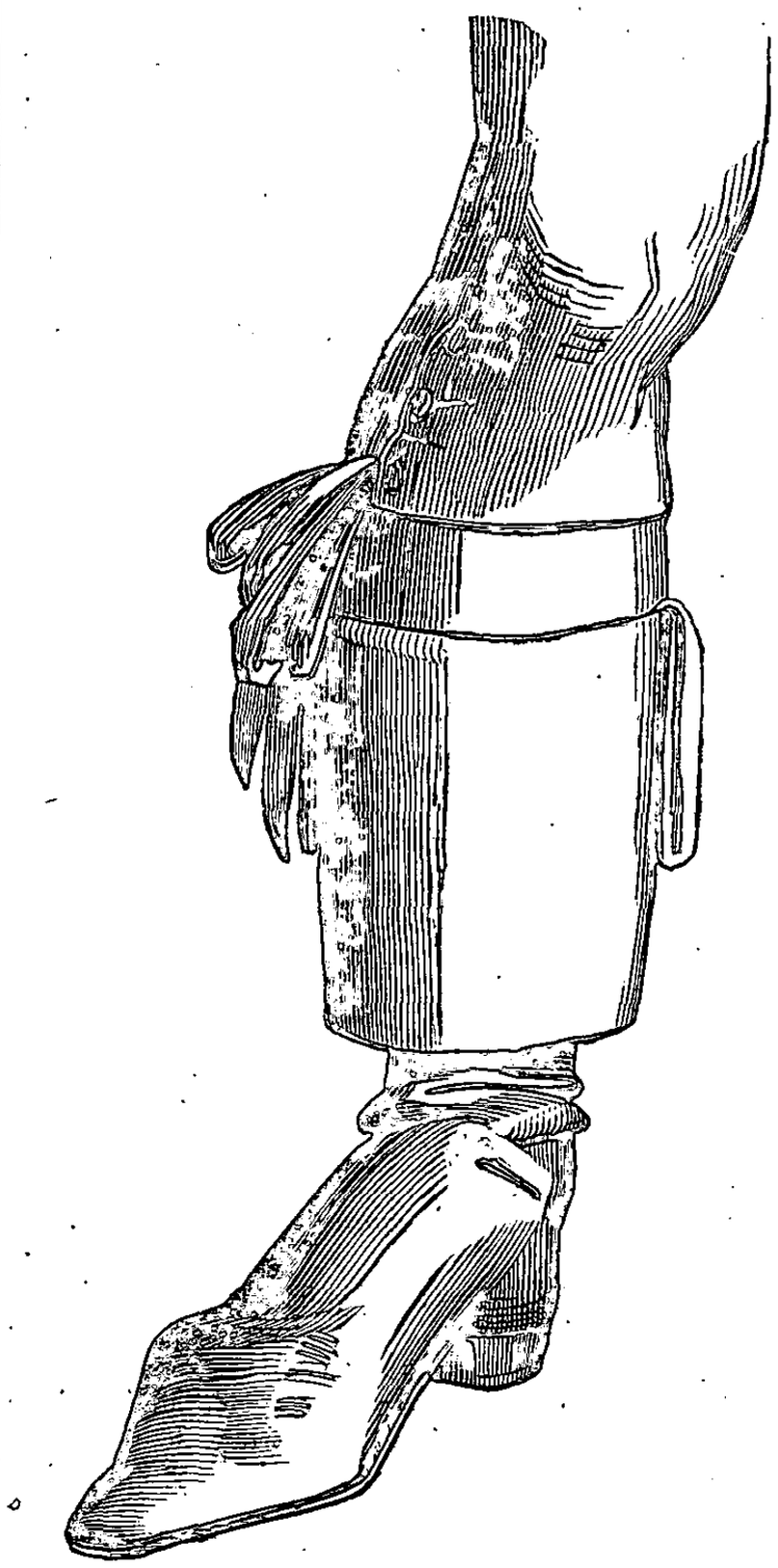


Fig. 135. — *Botte d'élégant à revers jaunes (1795).*

gent. Le soulier de femme, dit à *ailes de moulin*, est orné d'une boucle ; quelquefois ces boucles d'or ou d'argent étaient surmontées de pierres fines. Nous donnons

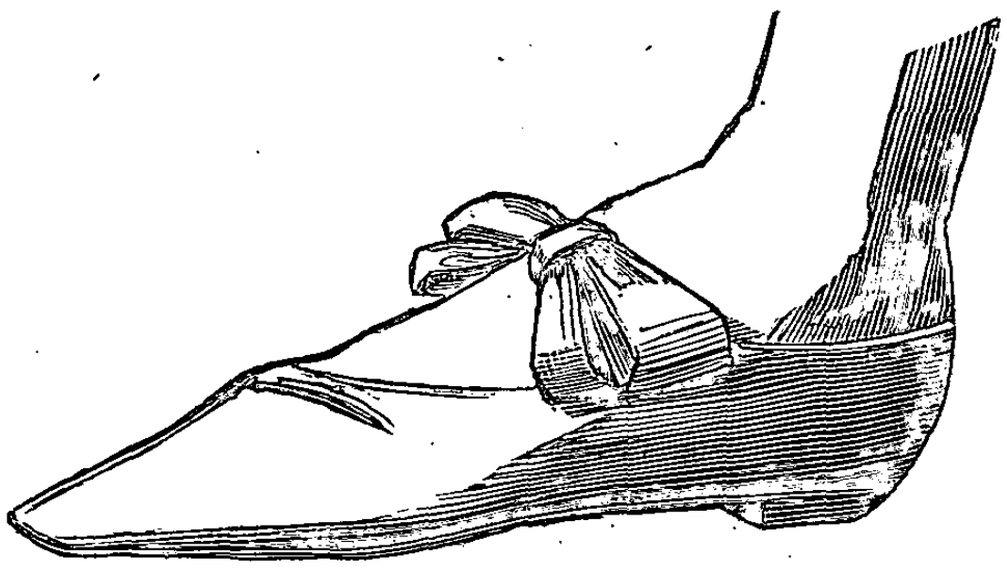


Fig. 136. — *Chaussure de Napoléon Ier. Petit costume (1805).*

un modèle de boucle, grandeur naturelle, devenue un ornement des plus importants de la chaussure (fig. 129).

On comprend par quels capricieux méandres les nœuds entraient et sortaient de ces larges boucles. Il y en avait en acier, en or et en argent. Au XVIIIe siècle. les chaussures devaient être bronzées, *non seulement les boucles* mais aussi les souliers, lorsqu'il s'agissait du deuil d'un père ou d'une mère ; c'était l'étiquette de l'époque.

Deux chaussures dont il est inutile de donner des dessins et qui eurent longtemps du succès : c'étaient les mules pour homme et pour femme. La mule pour femme était un soulier sans quartier, à talon large et bas ; la mule des hommes était un simple soulier à talon tout à fait plat, une sorte d'escarpin. L'empeigne de la mule pour femme

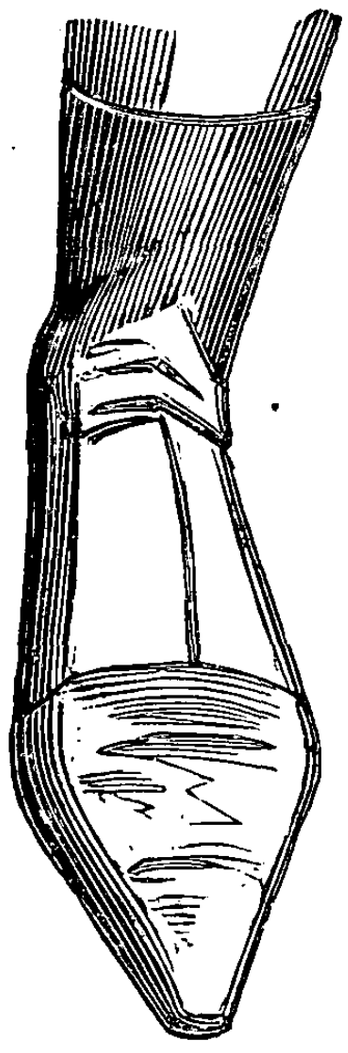


Fig. 137. — *Demi-brodequin de femme (1808).*

s'enrichissait des broderies les plus fines et les plus riches; celle de la mule pour homme était plus simple et de cuir très fin, cousu avec régularité et soin.

Mais ce luxe de la chaussure à la cour, suivi quelque peu par la bourgeoisie riche qui portait, les jours de toilette, des chaussures en velours, en soie, en moire, n'empêchait point le peuple et la petite bourgeoisie de porter généralement le sabot et la galoche, comme de nos jours le font encore la plupart de nos paysans.

Les deux souliers de la fin du XVIII^e^ siècle (fig. 130 et 131), indiquent deux goûts bien différents. L'un est

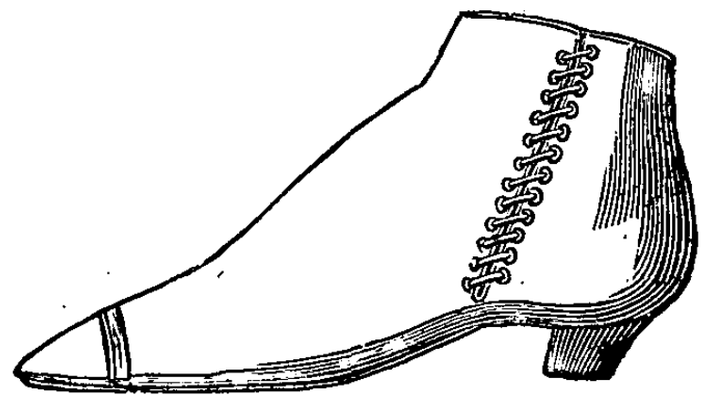


Fig. 138. — *Bottine lacée, en étoffe, bout en cuir.*

pointu et relevé à la chinoise, avec talon étroit, il est orné de plumes au cou-de-pied ; l'autre, à quelques années de différence est le soulier d'une merveilleuse à talon plat et à bout très allongé.

Nous donnons (fig. 132 et 133) deux chaussures mili-

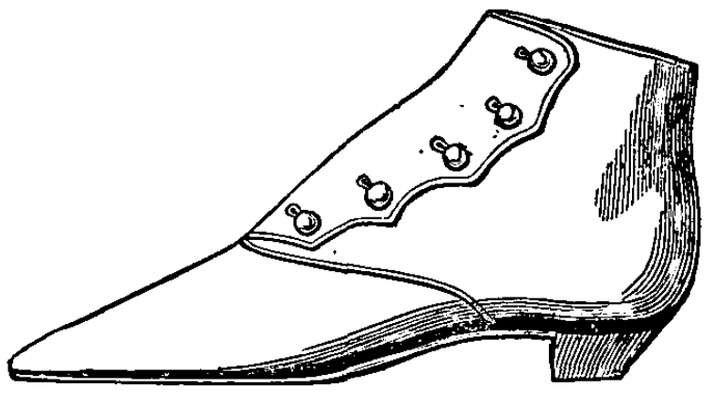


Fig. 139. — *Bottine en cuir à boutons.*

taires, l'une d'un des gardes de corps du roi, l'autre d'un houzard-chamboran de la République.

La botte de garde du corps est haute et fermée, mais elle a déjà perdu l'élégance un peu apprêtée et la solidité massive des précédentes. La botte du houzard est plus légère, moins haute, ornée d'un gland et d'une ouverture

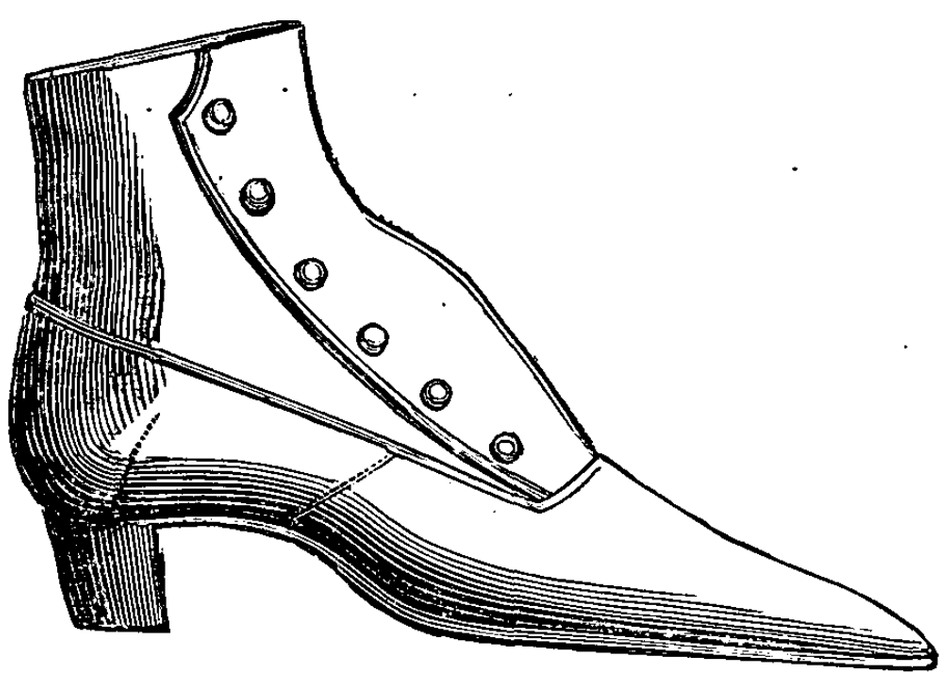


Fig. 140. — *Bottine à boutons.*

qui lui donne un petit air de crânerie qui est bien dans le caractère de l'époque.

Les deux autres types de botte (fig. 134 et 135), ont encore un caractère bien particulier ; c'est d'abord la botte d'un conventionnel ; elle est simple, facile à mettre, grâce aux deux tirants qui forment ornement. On voit là la chaussure d'un homme qui n'est en rien préoccupé de sa personne et qui doit être prêt à remplir promptement tous les devoirs qui peuvent surgir d'un moment à l'autre. Cette botte est celle d'un citoyen qui, au premier ordre donné au nom de la liberté ou du salut public, ne perdra point une minute et pourra aussi bien prendre la poste, que chevaucher ou aller à pied.

La botte de l'élégant est, au contraire, celle d'un homme dont la vie se passe à soigner son costume ; autant est sobre la botte précédente, autant celle-ci demande de

soin; autant l'une couvre promptement le pied, autant l'autre exige de temps pour le chausser. Le revers demande des soins tout particuliers. Cette botte est faite pour orner la jambe et le pied, l'autre est faite pour servir les deux.

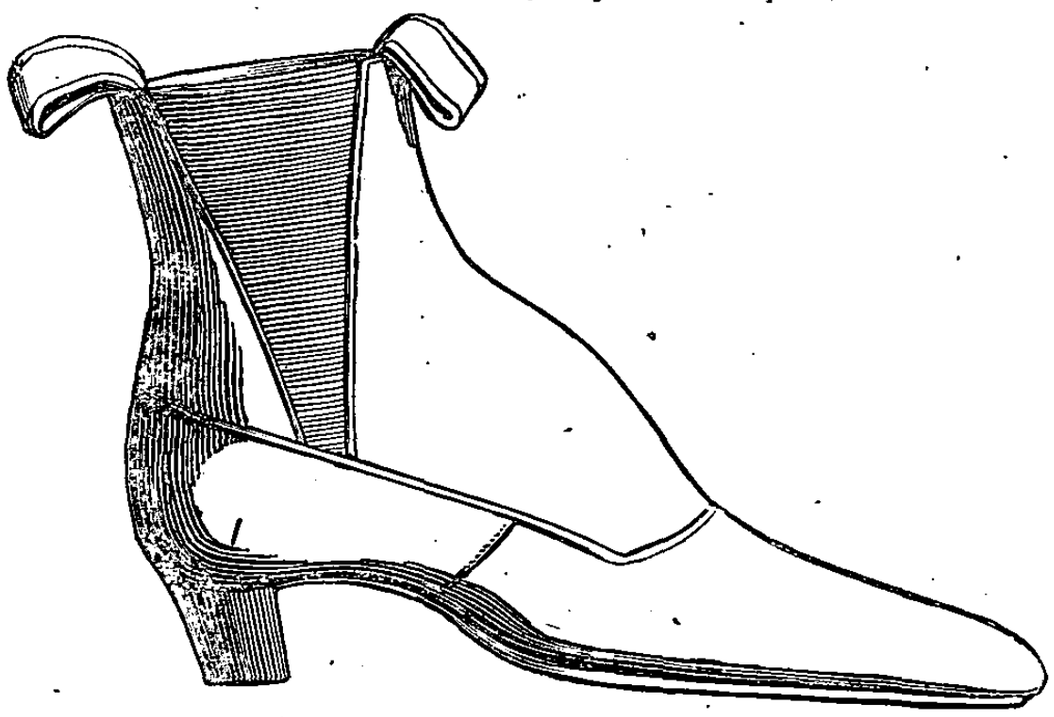


Fig. 141. — *Brodequin à élastiques.*

Napoléon, ayant cessé d'être Bonaparte, eut bientôt le rêve de reconstituer une cour, avec une noblesse; il ne tarda pas à ramener la culotte courte et l'escarpin de l'ancien régime. La beauté particulière, paraît-il, de sa

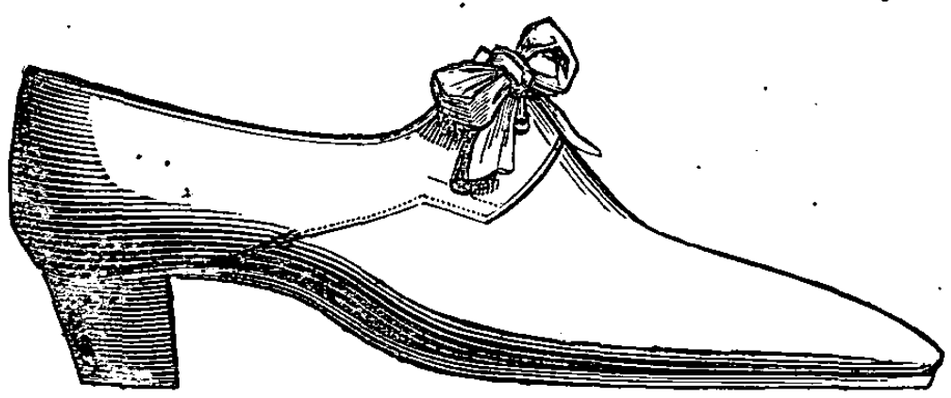


Fig. 142. — *Soulier Molière.*

jambe et de son pied, le fit s'intéresser vivement à la chaussure dont la légèreté était alors considérée comme une des principales qualités (fig. 136). Le demi-brodequin de femme que nous montrons (fig. 137) donne une idée

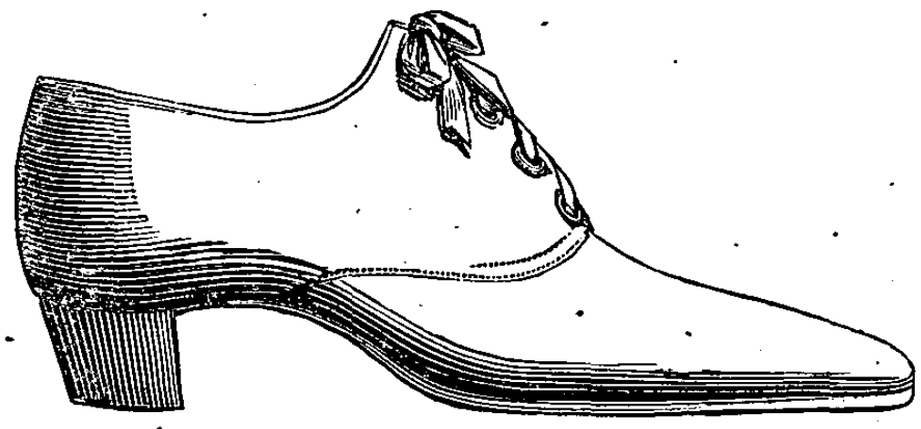


Fig. 143. — *Soulier lacé.*

exacte de la simplicité et de la légèreté de la chaussure sous l'Empire. On assure qu'une paire de brodequins en étoffe de Madame Récamier ne pesait pas une demi-once; mettons une once et ce sera encore très léger.

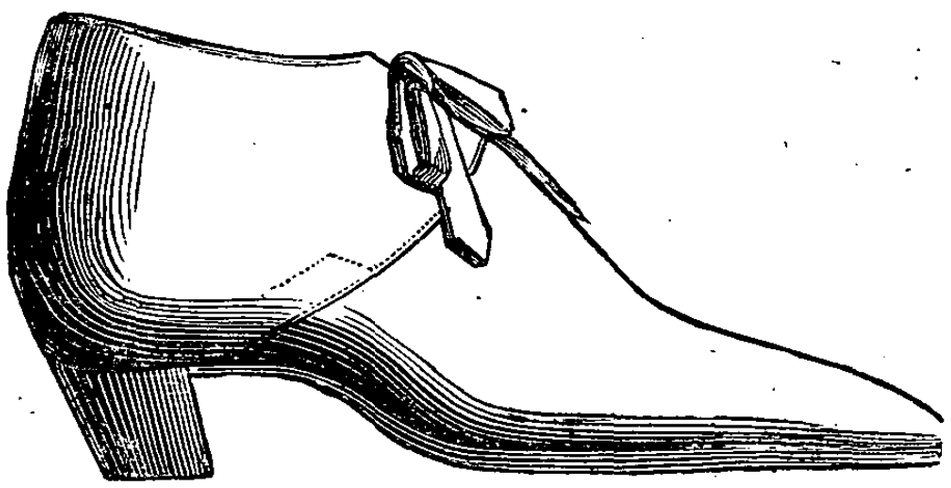


Fig. 144. — *Soulier napolitain.*

Puis succédèrent à ces chaussures d'autres plus confortables et non moins élégantes. C'est d'abord pour femme, la *bottine lacée* entièrement en étoffe et avec bout en cuir (fig. 138), puis la bottine en cuir de chèvre

(fig. 139) ; de veau léger ou verni, et à boutons, que remplace aujourd'hui l'élastique sur le côté et qn'il est inutile de reproduire ici puisque nous trouvons plus loin un élastique posé identiquement au *brodequin bas de soie* pour homme.

En même temps apparaissaient, pour hommes, la bottine de cuir à boutons et le brodequin à élastiques (fig. 140 et 141). Souventla tige de la bottine était et est encore faite en étoffe de drap léger pour la partie qui reçoit les boutons et en cuir de fin veau ciré ou verni pour le claque

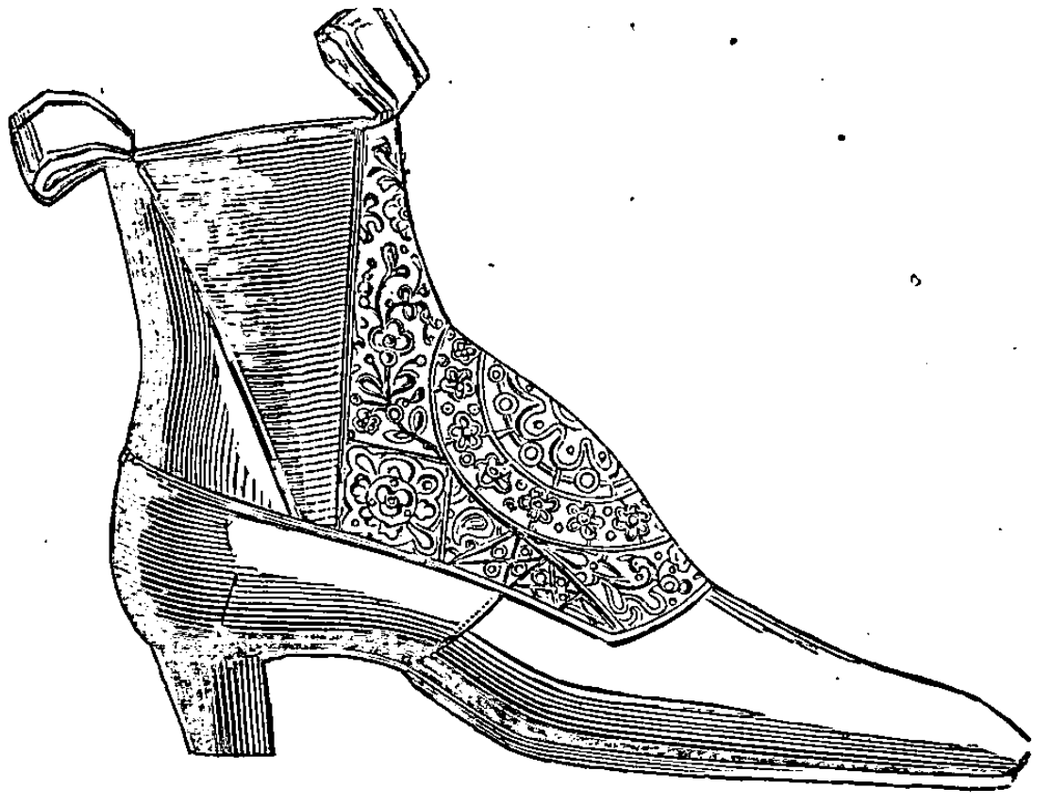


Fig. 145. — *Brodequin bas de soie à élastiques.*

(on nomme ainsi la partie adhérente à la semelle) ; dans le brodequin la partie qui reçoit l'élastique était et est encore faite en chevreau ou en étoffe et le claque en veau ciré ou verni.

Nous donnons également quelques types de souliers d'hommes et de femmes. C'est d'abord pour homme le soulier molière, le soulier lacé et le soulier napolitain (fig. 142 à 144), types qui vivent toujours et souvent rajeunis par quelques modifications dans l'ornementation plutôt que dans la coupe. Le soulier napolitain, lorsqu'il est fait en cuir commun pour chaussures à bon marché, remplace le nœud de soie de notre modèle élégant

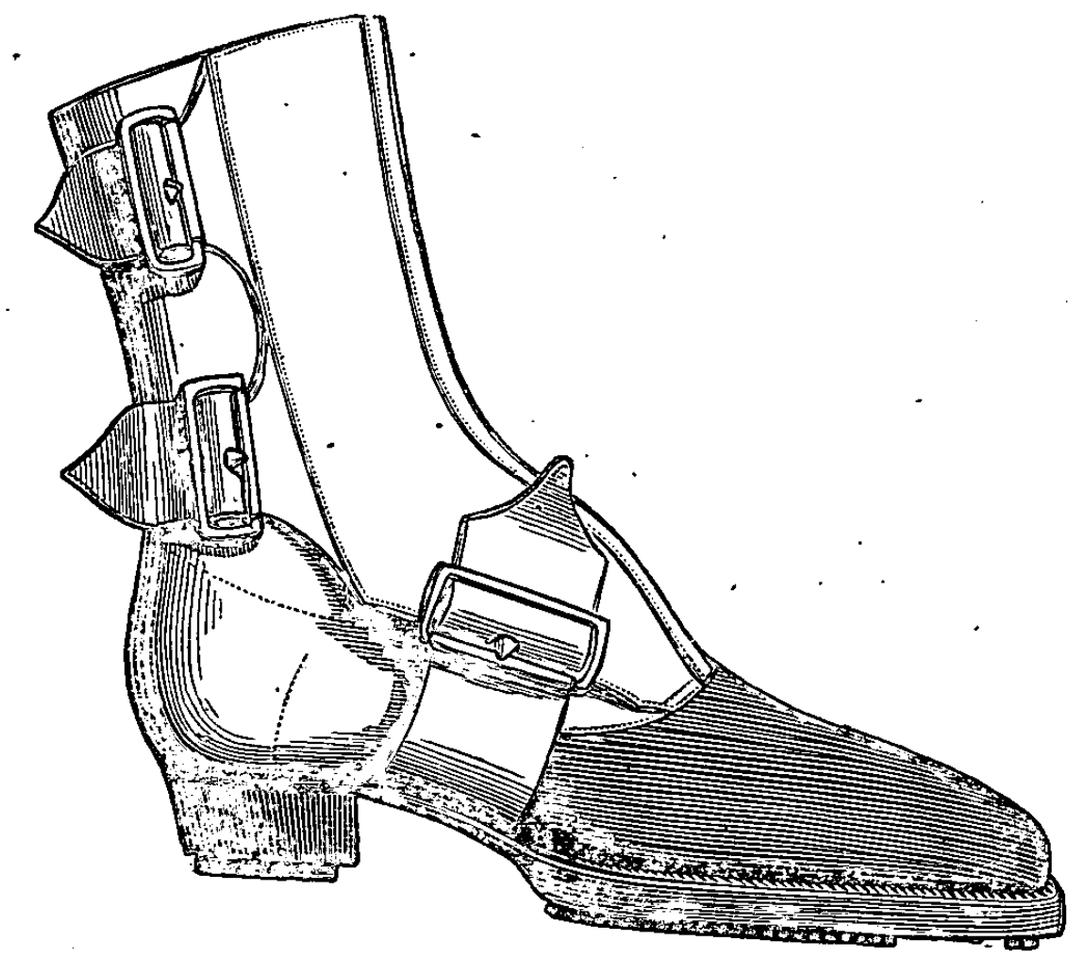


Fig. 146. — *Bottine de chasse.*

par un simple lacet noir. Le talon est généralement plus bas dans les souliers ordinaires que dans celui-ci ; ils prennent, suivant la mode, des bouts plus ou moins arrondis ou élargis.

Deux types qui resteront toujours comme types génériques soit pour chaussures de soirée, soit pour chaussures de chasse, sont les modèles suivants :

Le *brodequin bas de soie* a une empeigne brodée à jour sur laquelle est fixé un chevreau couleur chair, de façon à représenter la transparence du pied et du bas de la jambe. On fait encore pour bals et soirées des bottes dites *bas de soie* dont toute la tige est un bas de soie, brodé et monté sur un maroquin couleur chair ; cette tige avec une bordure le plus souvent en maroquin brodé, sert de bonnet consolidant l'ouverture. Depuis quelques années on ne chausse guère que le léger escarpin verni

ou mat dans lequel le pied recouvert d'un véritable bas de soie, produit aussi un excellent effet ; néanmoins dans les bals à grande étiquette on voit reparaître bottes et brodequins bas de soie avec talons généralement plus bas que celui de notre modèle (fig. 145).

La chaussure de chasse est aujourd'hui aussi variée que la chaussure de ville. Et si celle-là imitant le soulier chaussé d'une guêtre a été le premier type élégant qui apparut vers l'Exposition de 1855 (fig. 146), que de modèles divers depuis cette époque où finalement la même chaussure à semelles débordantes a pour empeigne une simple tige en vache mince couleur naturelle du cuir, et munie d'un élastique comme le brodequin représenté.

C'est en effet plus commode lorsque la chasse n'offre pas aux chasseurs des endroits marécageux à traverser.

Nous devons arrêter ici notre énumération, sans quoi il nous faudrait vingt fois l'espace qu'il nous est permis d'occuper dans ce dictionnaire afin de donner à ce travail l'étendue qu'une étude complète comporterait.

Conformément à notre programme, nous venons de faire l'historique de la chaussure en réservant pour le mot CORDONNERIE l'étude de cette industrie qui, depuis vingt ans, s'est signalée par de grands perfectionnements au point de vue de l'outillage ; mais quoiqu'en dise le rapporteur de l'exposition de 1878, la chaussure de confection n'a point laissé au second plan la chaussure sur mesure, car le consommateur qui veut être bien chaussé « ne préfère pas acheter tout fait plutôt que de commander », au contraire.

Nous retenons cependant ici la *chaussure militaire*, la *chaussure en caoutchouc* et la *chaussure orthopédique*, que nous allons étudier sommairement.

Chaussure militaire. Nous avons vu dans l'historique qui précède, que les anciens se préoccupaient de chausser les soldats suivant les règles de la logique et du bon sens, mais il ne paraît pas que les modernes aient été pénétrés aussi vivement de la nécessité de donner à l'armée une chaussure satisfaisant aux exigences de sa destination. C'était là cependant, on en conviendra, l'une des bases fondamentales de la solidité des troupes. Enfin, la question semble être résolue car notre armée est aujourd'hui en possession de chaussures rationnelles ; si elle a perdu ses chefs-ouvriers auxquels on reviendra certainement, elle a, depuis 1874, une botte d'ordonnance pour tous les officiers montés ; pour la cavalerie, un bottillon ; et depuis 1881, pour l'infanterie, un soulier napolitain assez haut pour être appelé *brodequin*, ce qui constitue un véritable progrès sur l'ancien soulier à guêtre.

Le *soulier national*, nom prétentieusement insignifiant que l'on a donné au soulier Godillot est celui que fit adopter, vers 1815, le colonel Bardin ; car, chose incroyable, les armées de la République et de l'Empire n'ont pas eu de chaussures d'ordonnance ; elles étaient livrées à la volonté des fournisseurs. L'armée de la première République a même triomphé souvent pieds nus ou du moins recouverts de toutes sortes de choses, sauf de chaussures, heureux lorsque, comme le bataillon légendaire de la Moselle, elle avait des sabots. Toutefois, il est certain que si nos soldats avaient été, à cette époque, munis d'une bonne chaussure, ils auraient eu moins de traînards, moins de souffrances à subir, et avec moins de traînards les résultats glorieux n'auraient point été amoindris pour cela.

— L'ordonnance de 1791, après avoir expliqué les uniformes des généraux et officiers, leur prescrit la *botte à l'écuyère*, et dit tout simplement : « il sera fourni des bottes aux cavaliers qui n'en auront pas. »

Les arrêtés du gouvernement de la République de l'an VIII et l'an X concernant les troupes ne disent rien de la chaussure.

Enfin l'ordonnance du 28 août 1806 ne parle que de quelques changements à apporter aux bottes de nos généraux ; de celles de nos soldats, il n'est nullement question. Et cependant l'empereur aurait dit : « pour équiper un soldat trois choses sont indispensables : un bon fusil, une capote et de bons souliers. »

Une bonne chaussure pour l'armée est, en effet, une arme véritable, puisque c'est incontestablement celle qui lui permet de se servir habilement de toutes les autres en donnant au corps la solidité, l'aplomb indispensables dans la marche ou pendant la lutte

Nous n'avons cessé, depuis près de trente ans, de réclamer pour le fantassin une chaussure qui soit à la fois un soulier et une guêtre, se laçant dessus. Des centaines de modèles ont été proposés et publiés sans succès. Ni la botte, ni le soulier, ne conviennent aux marches que le fantassin peut être appelé à faire. Le soulier Godillot motivait les justes critiques relevées dans le rapport officiel de 1873. Ce document ministériel disait, entre autres choses, que :

Les inconvénients du soulier tiennent à la chaussure elle-même, ou proviennent de l'emploi de la guêtre ; qu'il blesse les pieds au coude-pied (1) et à la cheville ; qu'il se déforme très rapidement par le manque de contreforts ; que la semelle n'étant pas assez large, l'empeigne la déborde au bout de quelques jours d'usage, ce qui fatigue beaucoup le pied et le blesse souvent ; qu'il a été en même temps constaté, dans beaucoup de rapports, que le soulier, dans la période des expériences, s'était usé plus rapidement que la demi-botte ou le brodequin ; que les plus grands défauts de cette chaussure sont dus à l'emploi de la guêtre de cuir.

Et le rédacteur, après avoir relaté les difficultés d'ajustage de cette guêtre et les dangers auxquels le troupier est exposé par un sous-pied trop large ou trop étroit, dit que :

Les guêtres sont longues à mettre le jour, et surtout dans l'obscurité, inconvénient grave quand la troupe est en présence de l'ennemi, et que le soldat, pour une cause ou pour une autre, se trouve déchaussé ;

Enfin, bien que la guêtre en toile soit considérée avec raison comme assez bonne pour la marche en temps chaud, quand elle est ajustée avec soin, elle n'est pas cependant exempte d'une partie des inconvénients qui viennent d'être signalés, surtout pour ce qui a trait au gonflement du pied et de la jambe, par suite de la marche, à l'usure ou à la rupture du sous-pied ; au rétrécissement de la toile par l'humidité, etc.

Il fallut de longues années pour triompher des *godillots*. C'est qu'en dehors d'influences nom-

(1) Depuis 1835, l'Académie a définitivement adopté *cou-de-pied*, conformément au texte des anciens auteurs. Simple constatation et non redressement d'une faute, d'autant plus naturelle que divers lexicographes écrivent encore *coude-pied*. — *N. d. l. r.*

breuses, la facilité que l'on avait de fabriquer promptement le soulier Godillot, grâce à un outillage très bien compris, ce qui au sortir de nos désastres n'était pas une mince considération, on portait à l'actif de ce soulier nos succès antérieurs; mais, à ce compte, on aurait pu se passer de chausser sérieusement nos soldats en souvenir des guerres victorieuses de notre première République.

Le soulier national, dont nous avons dit un mot plus haut, modifié légèrement plus tard, croyons-nous, par le maréchal Soult, était le produit des études de nos principaux cordonniers de France, sous la direction du colonel Bardin. Le soulier Bardin était une sorte de soulier Molière avec talon large et bas; il tenait au pied grâce à deux petites oreilles qui se nouaient sur le cou-de-pied par un lacet manœuvrant sur une petite patte, qui, de l'empeigne remontait au cou-de-pied. Le soulier Molière n'est en quelque sorte qu'un petit soulier napolitain; on le munissait d'une guêtre destinée à protéger le pied contre l'entrée de la poussière et de la boue. Contre la poussière, si cette guêtre avait une certaine efficacité, lorsqu'il s'agissait de l'eau et de la boue, avec le mouvement que nécessite la marche, la guêtre faisait l'effet de la pompe et le pied du soldat était, dans les jours de pluie continuelle, en contact avec l'eau et le petit gravier.

Pendant plusieurs années encore, nous avons protesté contre le soulier qui, bien que fabriqué dans les ateliers Godillot avec d'excellents cuirs,

Fig. 147. — *Chaussure d'ordonnance, pour le fantassin, adoptée.*

Fig. 148. — *Brodequin sorti le premier du concours (1872) et non essayé.*

avait sur le soulier national le désavantage du quartier trop bas et d'une ouverture mal comprise. Nous avons rappelé, avec les dessins que l'on a vus plus haut, que dès la plus haute antiquité la chaussure du guerrier était toujours une chaussure couvrant entièrement le pied, montant jusqu'à la naissance de la jambe et lacée sur le dessus de façon à pouvoir être élargie lorsque le pied se gonflait ou se resserrait, lorsque le pied *se fond*, comme on dit en cordonnerie.

Mais les soldats allemands portant la botte, on eut un instant l'idée de chausser notre fantassin avec de petites bottes; c'était là un grand danger que nous avons victorieusement démontré. Enfin, les comptes-rendus médicaux allemands constatèrent que l'usage de la botte avait occasionné la plus grande partie des maladies engendrées pendant la guerre; on y renonça et l'on se décida à faire de nouveaux essais.

Le ministre de la guerre décida qu'il serait procédé à un essai comparatif et décisif entre le brodequin et le soulier napolitain. Mais, quoiqu'il eût été naturel de commencer par ce qu'un usage de plusieurs milliers d'années indiquait naturellement, c'est-à-dire par le brodequin lacé, ce fut la bottine lacée sur le côté que l'on essaya comparativement avec le soulier napolitain et ce dernier obtint l'avantage; quant à l'ancien soulier il avait eu contre lui la presque unanimité.

Le soulier napolitain désigné dans le projet de loi adopté le 2 juin 1881, sous le nom de *brodequin*, dénomination qu'autorise jusqu'à un certain point la hauteur de la tige, est une bonne chaussure, dont nous donnons le modèle (fig. 147); le brodequin lacé dessus eût été plus complet en ce sens que, si c'est à peu près la même chaussure, la tige étant plus haute pouvait recevoir le bas du pantalon, ce qui, dans bien des cas, est d'une grande utilité et ce qu'avait parfaitement compris son auteur, M. Félix Guénin, ce modèle (fig. 148) qui avait été choisi par la commission militaire de 1872 qui n'a jamais été essayé, sans que l'on sache pourquoi; mais, contentons-nous du soulier napolitain et félicitons-en le ministre et la dernière chambre; l'un en proposant et l'autre en adoptant cette loi en apparence modeste, ont

donné au soldat à pied une solidité qui n'augmentera pas son courage, mais qui décuplera sa force.

Chaussure en caoutchouc. Ce n'est pas à proprement parler une chaussure, mais simplement un pardessus pour toutes espèces de chaussures, en cuir ou en étoffe ; sa fonction est d'éloigner du pied l'humidité provenant du sol mouillé ou de la pluie. — V. CAOUTCHOUC.

— C'est au Brésil que se firent les premières chaussures en caoutchouc, et vers 1820 qu'elles furent expédiées aux Etats-Unis d'Amérique où ce genre de fabrication devait prendre, quelque vingt ans plus tard, un développement considérable. La France n'en reçut guère qu'en 1830 et le *Moniteur de la Cordonnerie* (1856) dans une étude sur cette chaussure, s'exprime ainsi : « Les premiers souliers en caoutchouc fabriqués en Amérique l'ont été en 1843 par Condée. L'américain Goodyear, qui habite Paris maintenant, a pris des brevets : en France, le 8 janvier 1844; en Angleterre, le 30 janvier 1844 ; aux Etats-Unis, le 15 juillet 1844. »

« Si nous sommes bien renseignés, c'est la maison Tintillier et Mager, de Paris, qui, la première, a importé en France la chaussure américaine en quantités considérables et, depuis, la consommation a pris des proportions énormes. La fabrique de Montargis (Loiret) à elle seule, produit 6000 paires par jour. »

Aujourd'hui ces souliers-pardessus remplaçant les anciens socques sont d'un usage qui s'est augmenté considérablement, surtout depuis l'emploi des demi-chaussures ne couvrant que l'empeigne et venant se fixer, par une bride, au-dessus du talon.

La France fabrique maintenant assez largement ce genre de chaussures ; son exportation dépasse même sensiblement son importation. Voici quelques chiffres qui indiquent le mouvement progressif de cette spécialité.

Exportation par kilos.

1879	1880	1881
42.116	32.075	40.600

Importation par kilos.

25.322	26.122	8.673

Chaussure orthopédique. Cette chaussure est destinée à renforcer l'enfant dont les pieds sont atteints, dans certaines parties, d'une faiblesse qui peut les déformer, ou à rendre plus facile la marche des adultes ou des hommes dont les pieds sont plus ou moins difformes. Dans le premier cas le cordonnier aide l'action du médecin, dans le second il confectionne une chaussure, d'après le moule en plâtre que le pied lui fournit, en cherchant quels sont les points d'appui qui peuvent être utilisés pour la marche.

On comprendra sans autre explication que le cordonnier orthopédiste — c'est le nom que très justement on lui donne — a besoin de connaissances spéciales, et que l'anatomie du pied doit être sa première étude ; ce sera aussi celle de tous les chausseurs français quand nous nous serons décidés à établir en France des écoles spéciales pour cette profession, l'une des plus difficiles à bien pratiquer. « Un bon cordonnier, disait le docteur Vincent Duval, — l'auteur de travaux remarquables sur les *pieds-bots*, — est un véritable artiste, et c'est souvent grâce à eux que j'ai pu obtenir la guérison de cas pathologiques qui semblaient incurables. »

Parmi les praticiens devenus célèbres, en France, dans cette spécialité si difficile, nous n'en citerons que deux : Dupré qui exerçait vers 1824 et Bernardel, le cordonnier des Invalides qui, de 1860 à 1868 publia, dans le *Moniteur de la Cordonnerie*, en collaboration avec Félix Guénin, des articles remarquables sur la chaussure orthopédique.

STATISTIQUE DE LA CHAUSSURE.

Commerce. La chaussure française qui brille au premier rang dans toutes les expositions universelles, n'est pas seulement un des grands succès de notre industrie nationale, elle est aussi, pour le Trésor, une ressource précieuse.

Son exportation est considérable et son importation relativement sans importance. Voici les résultats des trois dernières années.

Exportations par francs.

1879	1880	1881
87,695,232	99,428,064	99,428,493

Importations par francs.

620,436	822,393	824,667

Ces chiffres ont une éloquence telle qu'il suffit de les citer. — CH. V.

* **CHAUVE.** *T. d'expl. de min.* Veine blanche dans une carrière d'ardoise.

CHAUX. Cette substance a été longtemps considérée comme un corps simple. Mais les belles expériences de Davy sur les alcalis dont il fit la décomposition au moyen de la pile de Volta, ont appris que la chaux résulte de la combinaison d'un métal, le *calcium* (V. ce mot), avec l'oxygène. La composition de cette combinaison est de 100 parties de calcium pour 39,21 d'oxygène. C'est donc un *protoxyde de calcium*. Sa formule chimique est Ca O, et le poids de son équivalent 350.

Propriétés physiques. La chaux est blanche, caustique, d'une saveur urineuse ou lexivienne. Elle ramène au bleu la teinture de tournesol rougie par un acide ; verdit le sirop de violettes qu'elle jaunit ensuite; rougit la couleur de curcuma. C'est donc une base énergique. Sa densité à l'état pur et anhydre est 2, 3. La chaleur la plus forte qu'on puisse produire dans les fours ordinaires ne peut l'altérer. Cette infusibilité la rend très précieuse pour la fabrication des creusets qui doivent supporter de très hautes températures, tels que ceux dans lesquels on fond le platine. Soumise à l'aide du chalumeau à l'action du feu violent que produit un mélange d'hydrogène et d'oxygène, la chaux se ramollit, et se convertit en un verre transparent.

Propriétés chimiques. 1° *Action de l'eau.* — La chaux est presque insoluble dans l'eau. On doit à Dalton les expériences qui déterminent cette solubilité. Un litre d'eau à 15° en dissout 1 gr. 280 ; à 100° cette solubilité diminue; elle n'est plus que de 0 gr. 787. Il n'est donc pas étonnant de voir, en chauffant à 100° une dissolution de chaux, le liquide se troubler et un précipité de chaux se déposer au fond du vase. La chaux est plus soluble dans l'eau sucrée. Ainsi une liqueur contenant 416 grammes, de sucre peut dissoudre jusqu'à 34 grammes de chaux. La formation de ce *saccha-*

rate de chaux soluble est utilisée dans la défécation des jus de betteraves (V. Sucre). Mais la solubilité diminue si l'eau contient d'autres bases telles que la potasse ou la soude.

La chaux en *s'hydratant* augmente beaucoup de volume. On dit qu'elle *foisonne*. Si la quantité d'eau n'est pas trop grande, il se forme un monohydrate de chaux dont la composition est Ca O, HO qui reste sous la forme d'une poudre blanche, fine, douce au toucher.

La dissolution de la chaux dans l'eau prend le nom *d'eau de chaux*. Sa réaction est fortement alcaline. S'il y a excès de chaux, le mélange se désigne sous le nom de *lait de chaux*, en raison de son aspect.

Si la chaux est fort peu soluble dans l'eau, elle se combine avec elle avec la plus grande énergie. Ainsi, si l'on arrose d'eau des fragments de chaux *anhydre*, dite *chaux vive*, la température dégagée est tellement élevée (300° environ) que la poudre placée sur ces fragments peut s'enflammer. La chaux fait alors entendre le même bruit qu'un fer rouge trempé dans l'eau ; on dit qu'elle *fuse*. Cette élévation de température se manifeste ordinairement par la volatilisation d'une partie de l'eau d'imbibition. L'hydrate qui prend naissance, si l'eau ajoutée est suffisante, a pour formule Ca O, H O. Cet hydrate est la *chaux éteinte*.

2° *Action de l'air*. La chaux anhydre ou *chaux vive* exposée à l'air, attire rapidement l'eau et l'acide carbonique de l'atmosphère. Elle se gonfle, puis elle se *délite*, c'est-à-dire tombe en poussière, et elle ne s'échauffe plus lorsqu'on la mouille ensuite avec de l'eau. Le produit qu'on obtient ainsi à l'air est un composé nettement défini, de carbonate et d'hydrate de chaux qui a pour formule $CaO, CO^2 + CaO, HO$. A ce composé se trouve mélangé beaucoup d'hydrate de chaux dû à ce que l'air atmosphérique contient plus de vapeur d'eau que d'acide carbonique ; mais à la longue, l'absorption de l'acide carbonique continuant et celle de l'eau cessant, toute la matière se rapproche de plus en plus de la composition définie par la formule précédente. Cette action décomposante de l'air indique que la chaux ne peut se conserver que dans des capacités hermétiquement fermées.

3° *Action des acides*. La chaux, base très énergique, se combine très facilement, et dans des proportions très nombreuses avec les acides, notamment avec les acides carbonique, sulfurique, phosphorique, fluorhydrique, arsénique, acétique, etc.

Nous ne nous occuperons pas ici de ces composés dont quelques-uns, comme le sulfate de chaux ou *plâtre*, les phosphates et les acétates de chaux sont l'objet d'études spéciales. Nous ne pouvons cependant éviter de donner sur les sels de chaux, quelques indications générales qui serviront à les reconnaître. Les sels de chaux sont incolores toutes les fois que l'acide est incolore lui-même. La potasse et la soude ne les précipitent que dans les liqueurs concentrées, et d'autant mieux qu'elles sont plus concentrées, attendu que la chaux est peu soluble à la température ordinaire.

Si l'on remplace la potasse et la soude par leurs carbonates, il y a double décomposition et le carbonate de chaux étant insoluble, se précipite. Si on verse de l'acide sulfurique dans un sel de chaux on a un sulfate de chaux qui ne se précipite que dans les liqueurs concentrées, vu son peu de solubilité et celui de la chaux. Le bioxalate d'ammoniaque précipite les sels de chaux des dissolutions même les plus étendues ; et cela a lieu, en général, pour tous les oxalates solubles. Cette réaction est mise à profit pour doser la chaux contenue dans un sel, car toute la chaux est précipitée ; en faisant bouillir on a l'oxalate de chaux ; on en prend le poids, d'où l'on déduit le poids de la chaux contenue.

Etat. Le protoxyde de calcium, la chaux, ne se rencontre jamais à l'état natif, sauf dans quelques produits volcaniques. Cela tient à son excessive affinité pour l'eau et les acides. C'est donc à l'état de combinaison plus ou moins hydratée avec les divers acides et surtout avec l'acide carbonique qu'on la rencontre. Elle forme alors des *carbonates de chaux* qui, suivant leur densité, leur état plus ou moins cristallin, jouissent de propriétés diverses, et portent des noms différents.

Lorsque le carbonate de chaux se présente sous la forme de cristaux rhomboédriques du 3e système il constitue le *spath d'Islande*. On rencontre aussi le carbonate de chaux cristallisé en prisme droit à base rectangle du 4e système, c'est *l'aragonite*.

Le spath d'Islande et l'aragonite sont donc deux variétés du même produit qui cristallisent dans deux systèmes différents. C'est le caractère des corps *dimorphes*.

Lorsque le carbonate de chaux pur cristallise confusément, sous la forme saccharoïde, il constitue les *marbres*.

Les stalactites cristallins constituent *l'albâtre*.

Enfin lorsque la cristallisation est complètement amorphe, le carbonate de chaux constitue, suivant la densité, la cohésion des molécules, la *craie*, la *pierre à bâtir*, le *moellon*, la *pierre à chaux*, et tous les corps enfin désignés sous la dénomination générale de *calcaires*. — V. ce mot.

Les coquillages, les coraux, les madrépores sont également des carbonates de chaux. Dans tous les cas le *carbonate de chaux* est, chimiquement parlant, un sel de chaux composé de 56 de chaux et 44 d'acide carbonique. Sa formule chimique est CO^2, CaO et le poids de son équivalent est représenté par 625. La densité est très variable.

Le spath d'Islande a pour densité		2,723
L'Aragonite		2,946
Marbres	de Paros	2,838
	d'Afrique	2,798
	de Sibérie	2,728
	des Pyrénées	2.726
	de Carrare	2,717
	d'Egypte	2,668
	de France	2,649
	florentin jaune	2,516
	albâtre calcaire	2,758
Pierres à bâtir	pierres tendres	1,713
	franche demi-roche	2,000
	liais doux et roche	2,280
	roches dures, liais	2,427
	roche très compacte	2,700

Le carbonate de chaux est insoluble dans l'eau. Tantôt il est très friable (craie) ; tantôt il est très dûr (marbre).

La chaleur le décompose à l'air libre. L'acide carbonique s'évapore dans l'atmosphère, et on a la chaux vive, CaO.

Si on opère dans un vase hermétiquement clos, et suffisamment résistant, l'acide carbonique ne pouvant plus se dégager, presse sur la masse, et alors, sous l'influence de cette pression et de la chaleur, le carbonate de chaux éprouve la *fusion ignée* et, par le refroidissement, se prend en une pâte qui ressemble à du marbre.

Le carbonate de chaux qui ne se dissout pas dans l'eau pure se dissout dans l'eau qui contient de l'acide carbonique. Il se forme alors un bicarbonate de chaux ($2CO^2$, CaO) qui est soluble dans l'eau. Mais ce bicarbonate de chaux est très peu stable ; dès que l'on élève sa température de quelques degrés, le liquide se trouble, de l'acide carbonique se dégage, et du carbonate de chaux se dépose. Si on porte à l'ébullition, la décomposition se produit rapidement et le dépôt calcaire devient très abondant. Si au lieu de faire évaporer l'acide carbonique par la chaleur, on abandonne simplement à lui-même le bicarbonate de chaux à l'air libre, l'acide carbonique se sépare encore, et comme le carbonate de chaux se dépose lentement, il cristallise. C'est ce qui explique les propriétés incrustantes de certaines sources ou fontaines, telles que celles d'Arcueil, près Paris, de St-Allyre et de St-Nectaire en Auvergne, de St-André, près de Nice, de San Felippe, en Toscane, d'Orcher, près du Hâvre, la grotte Sprudel à Karlsbaden, etc.

Les gaz de la combustion des substances en ignition au centre de la terre, en s'échappant par les fissures de la croûte terrestre, rencontrent l'oxygène, se décomposent pour donner naissance à des gaz volatils, qui se dégagent facilement dans l'atmosphère où ils se transforment encore, et à de l'acide carbonique qui, plus lourd que l'air, ne s'échappe que très difficilement, rencontre les eaux qui filtrent à travers la croûte terrestre, et s'y dissout. Ces eaux, chargées d'acide carbonique en assez grande abondance, rencontrent du carbonate de chaux qu'elles transforment en bicarbonate qui, étant soluble, laisse au liquide toute sa limpidité. Si on plonge dans ces eaux un corps quelconque, surtout présentant des apérités, comme des fruits, par exemple, on provoque ainsi des centres de cristallisation qui attirent le carbonate de chaux tandis que l'acide carbonique s'échappe.

Les *stalactites* et les *stalagmites calcaires* que l'on rencontre dans les grottes et cavernes s'expliquent de la même manière. A la partie supérieure de ces grottes des fissures se sont formées par où s'infiltrent ces eaux saturées de carbonate de chaux, c'est-à-dire contenant, comme nous l'avons expliqué, du bicarbonate soluble. Des gouttes de la filtration calcaire s'attachent à la voûte inférieure ; l'acide carbonique se dégage et une partie correspondante de carbonate de chaux insoluble se fixe au toit de la grotte. Ce travail, qui se renouvelle constamment à travers les siècles, produit d'abord des cônes renversés très allongés. Bientôt le poids de l'eau fait retomber par gouttes une partie de la dissolution de bicarbonate jusqu'au sol où le phénomène se reproduit dans un sens inverse. Les cônes opposés se soudent par la suite des âges, et forment ainsi des espèces de colonnes à doubles cônes ; ces cônes finissent par se remplir au milieu et par donner naissance à des colonnes cylindriques. De plus, il peut se faire que certaines de ces colonnes se formant très près les unes des autres ou se reliant à des stalactites plus courtes, forment des voûtes, des arceaux qui partagent la caverne en plusieurs salles. Ces dépôts, souvent considérables, sont quelquefois transparents ; ils offrent d'ailleurs un spectacle imposant qui pique la curiosité. Les grottes les plus remarquables pour les dépôts de carbonates de chaux sont celles d'Antiparos, dans l'archipel Grec, visitées et décrites par Tournefort ; celle d'Andelle, en Franche-Comté ; de Pools's Hôle, en Derbyshire ; de Caumont (près Rouen) ; d'Albert (Somme) ; etc.

C'est ainsi encore que l'on observe souvent dans les *tuyaux de conduite des eaux* des dépôts calcaires qui obstruent ces tuyaux. Ces dépôts se forment principalement à l'endroit des soudures, parce que c'est en ce point que l'eau contenant du carbonate de chaux en excès est plus soumise à se trouver en contact avec l'air dont elle absorbe l'acide carbonique.

Enfin, c'est par un phénomène de même nature que les eaux chargées de carbonate de chaux en excès laissent dans le fond des chaudières à vapeur du carbonate de chaux, qui est moins soluble à 100°, qu'à la température ordinaire. Il est de toute urgence de nettoyer les chaudières de ces matières incrustantes, et différents procédés sont mis en usage à cet effet. — V. CHAUDIÈRE A VAPEUR. INCRUSTATION.

DIVERSES ESPÈCES DE CHAUX

Puisque la chaux ne se trouve pas dans la nature à l'état de protoxyde de calcium, il faut l'extraire de ses combinaisons. Le sel de chaux le plus répandu à l'état naturel est le carbonate de chaux. On le rencontre, comme nous l'indiquons plus loin, dans tous les terrains depuis les plus anciens jusqu'aux plus modernes.

Cette abondance et la propriété de la chaux d'être infusible, ont conduit naturellement à extraire la chaux des carbonates, en les soumettant simplement à une température élevée qui en chasse l'acide carbonique pour donner la *chaux anhydre*, CaO.

Mais d'après la nature des pierres soumises à la calcination, la chaux obtenue peut avoir des qualités bien diverses. Ainsi les carbonates les plus purs, comme les marbres, la craie, etc., donnent des chaux qui foisonnent considérablement avec l'eau ; elles doublent de volume et elles fournissent une pâte liante, grasse au toucher. On les appelle *chaux grasses*.

Quand les calcaires soumis à la cuisson renferment des quantités plus ou moins grandes de matières étrangères, mais non de l'argile, on obtient des pâtes plus ou moins granuleuses, qui

ne sont plus liantes, foisonnent très peu avec l'eau. Ce sont des *chaux maigres*.

Si les matières étrangères mêlées aux calcaires sont des argiles, les produits obtenus par la calcination sont encore des chaux maigres. Mais elles jouissent de la propriété de faire prise sous l'eau après un temps plus ou moins long. On les appelle alors *chaux hydrauliques*.

On verra plus loin que ces chaux doivent leurs propriétés hydrauliques à la proportion d'argile qu'elles renferment. Lorsque la proportion d'argile atteint 30 à 35 0/0, on obtient un produit hydraulique à prise rapide, que l'on appelle *ciment, ciment romain, chaux-ciment*. — V. CIMENT.

Enfin, on donne le nom de *pouzzolanes* à des produits naturels ou artificiels, pouvant se combiner immédiatement à la chaux, et donner à cette dernière les qualités hydrauliques par le fait d'un mélange établi daus certaines proportions.

La chaux hydraulique est une chaux maigre; elle est très rarement moyenne, jamais grasse; mais les chaux maigres ne sont pas toujours hydrauliques.

Les chaux hydrauliques sont quelquefois blanches et très peu colorées; mais elles affectent le plus souvent une teinte gris de boue ou de brique crue et quelquefois d'un jaune fauve. Mais la conséquence inverse que l'on tirerait de la coloration serait inexacte; une chaux colorée n'est pas toujours hydraulique.

Les chaux grasses et les chaux non hydrauliques durcissant seulement à l'air et non dans l'eau, portent le nom de *chaux aériennes*.

Emploi de la chaux. Le principal usage de la chaux est, comme on peut le pressentir par ce que nous venons d'exposer, la confection des *mortiers*.

On obtiendra donc, suivant la nature de la chaux employée, des *mortiers ordinaires* (chaux grasse, moyenne ou maigre); et des *mortiers hydrauliques* (chaux hydrauliques, ciments, pouzzolanes).

La préparation des mortiers fera l'objet d'une étude spéciale. — V. MORTIER.

On emploie la chaux dans beaucoup d'industries. *En Agriculture*: Pour le chaulage et l'amendement des terres, des vignes, la destruction des limaces et des charançons. *En Industrie*: Pour la fabrication du sucre (défécation des jus de betteraves); la préparation des peaux (V. CHAMOISAGE. EPILAGE); la fabrication des *bougies* stéariues (V. ce mot); la fabrication de la potasse, de la soude; la fabrication des acides organiques, tels que acide oxalique, tartrique, citrique, en raison de l'insolubilité des sels fournis par ces acides avec la chaux et leur décomposition par l'acide sulfurique; la préparation de l'ammoniaque; la fabrication du gaz, pour éliminer l'acide carbonique et une partie de l'hydrogène sulfuré; dans la verrerie et dans la fabrication des papiers, etc. Dans la peinture en bâtiments: Pour faire des blancs qui *couvrent bien à l'eau*. *En Médecine et pharmacie*: Pour le traitement de diverses maladies; les plaies dartreuses, les teignes, etc.; pour la préparation des alcaloïdes, du quinquina, des liniments, etc. *En Clinique*: Pour consumer les chairs des cadavres; pour désinfecter des lieux malsains (absorption des gaz sulfurés). *En Chimie*: Pour la fabrication des creusets à fondre le platine; dans les laboratoires, la chaux est un réactif excellent: absorption de l'acide carbonique, l'eau de chaux en fait reconnaître les traces les plus faibles dans les mélanges de gaz ou les dissolutions.

Citons encore la préparation, au moyen d'un mélange avec le sulfure de plomb, d'une mixture pour teindre les cheveux et la barbe, etc., etc.

Ce n'est là qu'un faible aperçu des nombreux usages de la chaux.

Chaux grasses. Nous avons dit que l'on obtient de la *chaux grasse* en traitant par la chaleur des calcaires purs ou ne renfermant qu'une petite quantité de matières étrangères. La chaux obtenue a des propriétés qui se rapprochent de celles de la chaux chimiquement pure. Elle ne contient que du protoxyde de calcium, de l'acide carbonique et de l'eau.

La chaux grasse foisonne considérablement avec l'eau; elle forme une pâte liante, grasse au toucher. Elle absorbe pour son extinction jusqu'à trois fois son poids d'eau, et elle triple, et même quelquefois quadruple son volume. Employée dans les mortiers, la chaux grasse en séchant absorbe graduellement l'acide carbonique de l'atmosphère, durcit, et repasse ainsi à l'état de carbonate hydraté (CO^2,CaO+HO). Pour expliquer ce qui se passe, il faut examiner le rôle des matières qui composent le mortier et particulièrement du sable; or, ce rôle est *absolument mécanique* à trois points de vue: 1° Il divise la chaux et, en augmentant sa perméabilité, il multiplie les points de contact avec l'acide carbonique de l'atmosphère que la chaux tend à fixer; 2° Il empêche le mortier de prendre en séchant un trop grand retrait qui le fendillerait et amènerait vite sa destruction; 3° Enfin, il joue le rôle de centre ou noyau de cristallisation, ce qui active la formation du carbonate. En un mot, sous ce triple point de vue, il provoque et facilite la régénération du carbonate de chaux.

Cette régénération ne se fait pas d'une manière égale dans la masse; les parties extérieures, immédiatement au contact de l'air, passent les premières à l'état de carbonate; mais quant aux parties intérieures, elles forment seulement une combinaison d'hydrate et de carbonate de chaux qui devient également très dure, mais seulement au bout d'un temps quelquefois très considérable. On cite les exemples suivant d'après M. Arago: « Le général Traussart ayant eu à reconstruire à Strasbourg, en 1822, le soubassement d'un bastion qui datait de 1666, y trouva le mortier tout aussi frais que si les maçons l'eussent posé depuis quelques heures seulement. Pareille chose fut observée à Berlin par les architectes qui démolirent un des piliers de neuf mètres de diamètre, de la tour St-Pierre, quatre-vingts ans, au moins, après sa construction.»

Les mortiers de chaux grasse ne peuvent être employés sous l'eau ou dans des travaux léchés par un courant d'eau vive. « Nous demande-t-on, dit encore M. Arago, de prouver qu'un courant

d'eau vive dissout rapidement la chaux grasse des maçonneries, et en compromet la solidité ; nous invoquerons, pour choisir entre mille exemples, la démolition des anciennes écluses de la Vilaine. Pendant cette opération, on reconnut que, par suite de la dissolution de la chaux grasse, il ne restait plus derrière les revêtements que des masses sans liaison, que de simples murs en pierres sèches. » Le durcissement imparfait des mortiers de chaux grasses, et surtout leur désagrégation dans les travaux immergés, prouvent que l'on doit limiter leur emploi aux constructions exposées à l'air. Mais il faut absolument proscrire l'emploi de la chaux grasse pour la confection des mortiers destinés aux travaux immergés.

D'après Vicat, 100 parties de chaux grasse absorbent, en se solidifiant, 100 parties d'acide carbonique et en retiennent 17 d'eau.

Chaux maigres. Si l'on soumet à la calcination des calcaires mélangés en forte proportion de magnésie, d'oxyde de fer ou de sable quartzeux, mais ne contenant que peu ou point d'argile, la chaux se délite encore par son contact avec l'eau ; mais, il se développe peu de chaleur, et le foisonnement est presque nul. La chaux est dite *maigre*. Comme elle n'a pas la propriété de durcir sous l'eau et qu'en raison de son peu de foisonnement, elle n'est pas d'un emploi avantageux, on ne l'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen d'agir autrement.

Voici par comparaison les résultats de la calcination de quelques calcaires plus ou moins mélangés, mais nettement définis.

Composition chimique	Composition sur 100 parties	Origines	Analyse du résultat sur 100 parties de chaux	Nature de la chaux	
Carbonate de chaux pure. . .	100	Marb. de Paros ou Carrare.	100	Chaux grasse.	
Carbonate de chaux.	98.5	Calcaire de Vaugirard.	97.2	Chaux	très grasse.
Argile.	1.5		2.8	Argile	
Carbonate de chaux.	94	Calcaire de Lagneux (Ain).	91.60	Chaux	chaux moyenne.
Carbonate de magnésie. . . .	1.60		1.50	Magnésie. . . .	
Oxyde de fer.	3.90		6	Argile	
Argile.	0.50		0.90	Oxyde de fer. .	
Carbonate de chaux.	87.20	Calcaire de Vichy (Allier).	86.00	Chaux	maigre.
Carbonate de magnésie. . . .	10		9.00	Magnésie. . . .	
Oxyde de fer et argile. . . .	2.80		5.00	Argile et oxyde de fer	
Carbonate de chaux.	77.8	Calcaire de Calvier (Gironde).	70.00	Chaux	très maigre.
Argile.	2.6		3.25	Argile	
Sable	19.6		26.75	Sable.	
Carbonate de chaux.	60.9	Calcaire de Villefranche (Aveyron).	60.00	Chaux	très maigre.
Carbonate de magnésie. . . .	30.3		26.20	Magnésie. . . .	
Oxyde de fer.	8.8		13.80	Oxyde de fer. .	

Chaux hydrauliques. Lorsque les calcaires soumis à la calcination contiennent de l'argile, en quantité importante (environ 10 à 15 0/0), les chaux que l'on obtient foisonnent très peu, et durcissent sous l'eau après un temps plus ou moins long.

Le degré d'hydraulicité de ces chaux est indiqué par la rapidité de la prise. Généralement, et d'après Vicat, on les divise ainsi : *chaux moyennement hydrauliques*, ce sont celles qui font prise quinze ou vingt jours après l'immersion, mais qui n'atteignent jamais une grande dureté ; *chaux hydrauliques*, ce sont celles qui font prise du sixième au huitième jour, deviennent très dures au bout de six mois, et continuent encore à durcir pendant cinq ou six autres mois pour atteindre leur maximum de dureté ; *chaux éminemment hydrauliques*, ce sont celles qui font prise du deuxième au quatrième jour d'immersion, et, en moins de six mois, acquièrent la dureté de la pierre.

Dans la fabrication des mortiers de chaux hydrauliques, le sable employé ne joue pas, comme dans les mortiers de chaux grasses, un rôle seulement mécanique. Vicat avait pensé qu'une partie de la silice se combine, et des expériences répétées de MM. Rivot et Chatoney, de Frémy, etc., ont démontré l'exactitude de ce fait. Nous reviendrons sur ce sujet. — V. Mortier.

Les calcaires naturels ne se distinguent, en général, les uns des autres par aucun caractère physique de texture, de dureté, de pesanteur spécifique, de coloration qui puisse faire prévoir d'avance quelle espèce de chaux ils fourniront. Les chaux grasses, maigres, hydrauliques, sont indistinctement grises, blanches, fauves, rousses, etc. C'est donc dans la composition intime des roches, c'est dans la nature et la proportion de leurs principes constituants que les chimistes ont dû rechercher les causes réelles de l'hydraulicité. Ainsi, après avoir constaté que les calcaires purs fournissent des chaux grasses, on a su de bonne heure que la propriété de durcir sous l'eau est communiquée à la chaux par des matières particulières disséminées dans le calcaire d'où on l'a tirée. Mais quelles sont ces matières? En quelles proportions doivent-elles exister dans la roche pour que l'hydraulicité apparaisse à un degré suffisant? Sur ces points les opinions ont été longtemps divisées. Bergmann attribuait à l'oxyde de manganèse les propriétés caractéristiques des chaux hydrauliques; Guyton-Morveau partagea cette opinion.

Or, il fut établi, par des recherches multipliées,

que des carbonates manganésifères ne donnaient pas tous des chaux hydrauliques, et qu'il existait des chaux hydrauliques, possédant au plus haut degré le caractère d'hydraulicité, qui ne contenaient pas traces de manganèse.

Les travaux de Smeaton, de Saussure, de l'ingénieur Collet-Descotils, ne firent faire que peu de progrès à cette question, mais elles mirent sur la véritable voie en indiquant que les chaux hydrauliques contiennent toutes de l'argile. Vicat reprit ces études, et, profitant des travaux de ses devanciers, il eut la gloire de trouver enfin et de fixer d'une façon immuable la loi de composition des chaux hydrauliques. A l'époque où il commença ses recherches, la chaux de Senouches était le type de la perfection. Or, en mélangeant, dans des proportions convenablement choisies, de la craie, ou du carbonate de chaux pur, à de l'argile, il fabriqua une chaux *artificielle* supérieure à celle de Senouches.

Ce remarquable résultat fut communiqué à l'instant par M. Vicat qui, avec un noble désintéressement, publia ses découvertes. Sur ses indications, M. de Saint-Léger monta, près de Paris, une fabrique de *chaux hydrauliques artificielles*.

Mais un champ nouveau était ouvert aux recherches de ce laborieux esprit. Reprenant son étude et ses analyses avec Berthier, M. Vicat examina les chaux possédant des degrés d'hydraulicité différents, les soumit à l'analyse, et découvrit que non seulement toutes les chaux hydrauliques contiennent de l'argile, mais que le degré d'hydraulicité croît, jusqu'à une certaine limite, en raison directe de l'argile répandue dans la masse calcaire. Ce premier résultat obtenu, il rechercha si, par la synthèse, il ne pourrait pas reproduire toutes ces chaux avec le degré d'hydraulicité qui leur est propre; et enfin, si, par l'addition des principes argileux qui manquaient aux chaux naturelles, grasses ou maigres non hydrauliques, il n'arriverait pas à leur donner à volonté, le degré d'hydraulicité qu'il voudrait obtenir. Tous ces résultats entrevus par Vicat se confirmèrent.

Ainsi, à l'aide d'une simple addition d'argile, on peut donner à une chaux naturelle quelconque, le degré d'hydraulicité qui lui convient; de sorte que partout où existent des gisements de calcaires argileux, l'on peut obtenir des chaux hydrauliques avec la plus grande facilité. Les résultats des analyses donnés par Vicat et Berthier ont été résumés dans le tableau suivant dressé par M. Durand-Claye, ingénieur des ponts et chaussées.

Chaux faiblement hydraulique. .	5,3 à 8,2	d'argile.
— moyennement — . .	8,2 à 14,8	—
— hydraulique	14,8 à 19,1	—
— éminemment hydraulique.	19,1 à 21,8	—
— limite.	21,8 à 26,7	—

Mais ce n'était là que la première partie du problème. Vicat reconnut encore que si, d'après sa découverte, il était possible de rendre hydraulique une chaux grasse à l'aide d'une simple addition d'argile, il devait y avoir dans la quantité innombrable de formation des calcaires argileux qui existent en France, beaucoup de gîtes très propres à fournir, par la cuisson, des chaux hydrauliques naturelles. Cette recherche le conduisit à reconnaître qu'il n'y a pas, en France, dix départements où la chaux hydraulique manque entièrement. Les résultats de cette découverte furent immenses; d'une part, elle procura aux ingénieurs et aux constructeurs, les moyens de s'affranchir de la sujétion des prix de revient très élevés, car Senouches faisait payer sa chaux un prix exorbitant non compris les dépenses de transport souvent très considérables; d'autre part, elle permit d'établir partout des fabriques de chaux hydrauliques artificielles basant leurs opérations sur des analyses très précises et arrivant ainsi à coup sûr au résultat cherché; d'où il résultait de très grandes économies dans les constructions, car la chaux entre toujours pour une portion considérable dans le prix des maçonneries.

L'industrie des chaux hydrauliques était désormais fixée; elle se résume, comme on le voit, à trois opérations : la première du ressort de la géologie, *recherches des calcaires* propres à la fabrication des chaux hydrauliques; la seconde du ressort de la chimie, *analyse des calcaires*; la troisième purement industrielle, *fabrication des chaux*.

Nous allons les examiner rapidement.

Géologie. Pour se guider dans ses recherches on observera que, puisque le mélange de l'argile au carbonate calcaire fournit seul toutes les variétés de chaux hydrauliques, les terrains où alternent les bancs d'argiles et de pierres calcaires de même formation sont ceux où l'on devra limiter ses recherches.

Les géologues ont classé les roches composant l'écorce minérale du globe de la manière indiquée au tableau suivant. Ce tableau contient toutes les divisions des terrains qu'ils ont admises, les roches qui les composent et le système de soulèvement qui les caractérise, en commençant par les formations les plus récentes.

On voit par l'inspection de ce tableau qu'il n'est pas utile de faire des recherches dans les divisions les plus élevées du terrain crétacé supérieur, puisque ces terrains ne contiennent aucun calcaire argileux. Mais dans les divisions inférieures, on rencontre des roches marneuses reposant sur l'argile et qui lui sont souvent reliées par une transition insensible. Ces calcaires fournissent de bonnes chaux hydrauliques. Dans le terrain suprajurassique les calcaires argileux contiennent du carbonate de magnésie. Lorsque l'argile entre dans la proportion de 8 à 18 0/0, ces calcaires fournissent une bonne chaux hydraulique.

C'est dans l'étage jurassique supérieur que l'on rencontre toutes les formations à grandes alternances de calcaires et de marnes. Ces formations se divisent en plusieurs groupes intéressants à étudier sous le rapport de leurs produits en chaux hydrauliques. Les calcaires portlandiens supérieurs contiennent des dolomies vertes qui donnent de la chaux hydraulique; mais ceux inférieurs n'en renferment pas. Les calcaires kimmé-

ridiens supérieurs et les marnes calcaires de ce groupe jouissent de propriétés hydrauliques variables, mais faibles en général. Dans l'étage moyen et dans l'étage inférieur, ces qualités sont plus prononcées, et les chaux hydrauliques qu'on en tire seraient excellentes si, par l'effet des fossiles qui y abondent quelquefois, elles n'avaient pas l'inconvénient de se diviser en strates.

1er Groupe. — *Formation contemporaine.*

Terrains d'alluvion qui remplissent les vallées des fleuves.
Volcans modernes éteints et brûlants. Les grands volcans des Andes ont été soulevés pendant cette période.

Terrain tertiaire	2e Groupe. — *Terrain tertiaire supérieur.*	
	Système de la chaîne principale des Alpes.	Couches de sable et alluvion anciennes, tuf à ossements fossiles. Les éruptions de trachytes et de basaltes correspondent en grande partie à cette époque.
	3e Groupe. — *Terrain tertiaire moyen.*	
	Système des Alpes occidentales	Calcaire d'eau douce avec meulières; contient souvent des lignites. Grès de Fontainebleau.
	4e Groupe. — *Terrain tertiaire inférieur.*	
	Système des îles de Corse et de Sardaigne.	Marne avec gypse, ossements de mammifères. Calcaire grossier. Argile plastique avec lignites.
Terrain secondaire	5e Groupe. — *Terrain crétacé supérieur.*	
	Système de la chaîne des Pyrénées et de celle des Apennins.	Assise calcaire puissante, appelée la craie, avec interposition de couches de silex.
	6e Groupe. — *Terrain crétacé inférieur.*	
	Système du Mont-Viso.	Grès tuffeau de la Touraine. Grès ordinairement verdâtre, ce qui lui fait donner le nom de grès vert. Sables ferrugineux.
	7e Groupe. — *Terrain jurassique.*	
	Système de la Côte-d'Or.	Couches calcaires, plus ou moins compactes et marneuses, alternant avec des couches d'argile. On les divise en plusieurs étages. Les étages supérieurs portent le nom de calcaire oolithique. L'étage inférieur est appelé lias. Grès inférieur ou lias.
	8e Groupe. — *Terrain de trias.*	
	Système de Thuringerwald.	Marne de couleurs variées, qu'on appelle marnes irisées, renfermant souvent des amas de gypse ou de sel gemme. Calcaire très coquillier auquel on donne le nom de muschelkalk. Grès de couleurs variées, appelé grès bigarré.
	9e Groupe. — *Terrain du grès des Vosges.*	
	Système du Rhin.	Poudings et grès.
	10e Groupe. — *Terrain pénéen.*	
	Système des Pays-Bas et du pays de Galles.	Assise de calcaire mêlée de schiste que l'on appelle zechstein. Assise de pouding et de grès appelé nouveau grès rouge.
Terrain de transition	11e Groupe. — *Terrain carbonifère.*	
	Système du Nord de l'Angleterre.	Grès, schistes avec couche de houille et de fer carbonaté. Calcaire, carbonifère ou calcaire bleu, avec couche de houille.
	12e Groupe. — *Terrain dévonien.*	
	Système des ballons des Vosges et des collines du bocage de la Normandie.	Couches puissantes de grès, appelé vieux grès rouge, renfermant des couches d'anthracite.
	13e Groupe. — *Terrain silurien.*	
		Calcaire, schiste ardoisier, grès à gros grains appelé grauwacke.
	14e Groupe. — *Terrain cambrien.*	
	Système de Westmoreland et de Hunderuck, en Ecosse.	Calcaire compacte, schiste argileux. Ces roches ont souvent une texture cristalline.
Terrain primitif	15e Groupe. — *Roches primitives.*	
		Granits et gneiss formant la base principale de la partie intérieure du globe accessible à nos moyens d'observation.

L'oxford-clay est abondant en calcaire argileux fournissant de la bonne chaux hydraulique. La grande oolite ou oolite inférieure contient des calcaires argileux et magnésiens. Le lias, surtout, renferme des assises marno-calcaires à chaux hydrauliques et à ciments. Les marnes irrisées fournissent des calcaires analogues à ceux du terrain suprajurassique. Lorsque l'argile contenue y entre dans la proportion de 8 à 10 0/0 la chaux est hydraulique.

Dans le muschelkalk, les grès bigarrés et les grès rouges, on rencontre plus rarement les calcaires marneux ou argilo-magnésiens. Mais ceux que l'on trouve fournissent de bonne chaux hydraulique.

Au delà, dans les terrains de transition, il n'y a plus que du calcaire pur, donnant conséquemment de la chaux grasse.

Nous terminerons cette courte indication par les recommandations suivantes indiquées par Vicat-lui-même. « Il est peu de départements, les pays granitiques exceptés, où l'on ne puisse rencontrer du calcaire argileux. Il faut le chercher avec persévérance; les indications de MM. les ingénieurs des mines peuvent être d'un grand secours; conclure la non-existence de la pierre à chaux hydraulique de la nature de la masse principale, que les accidents du sol mettent en évidence, serait une erreur; la composition du calcaire varie à chaque instant, et souvent celui que l'on cherche n'est qu'à une petite distance de la pierre à chaux commune; l'une et l'autre se trouvent quelquefois dans la même carrière, séparées seulement par un ou deux bancs. Les renseignements des maçons et des chaufourniers peuvent être d'ailleurs d'un utile secours; si on les interroge sur les diverses chaux des pays qu'ils habitent, ils ne manquent jamais de désigner les chaux hydrauliques comme les plus mauvaises; il faut insister pour qu'ils en fassent mention. »

Analyse des calcaires. L'analyse exacte des calcaires comprenant le dosage des matières souvent si nombreuses et si diverses qu'ils renferment, est une opération longue et délicate que l'on n'a généralement pas besoin de répéter journellement. Nous nous contenterons de renvoyer pour l'étude complète de cette question aux ouvrages spéciaux et notamment à la note de M. Hervé-Mangon, chargé, à l'école des ponts et chaussées, de la direction des travaux du laboratoire et des essais. — *Art de construire* (CLAUDEL).

Voici dans la pratique une manière abrégée de reconnaître, dans la composition d'un calcaire, la quantité et le dosage des éléments nécessaires à fournir à des chaux hydrauliques et à indiquer le degré d'hydraulicité de la chaux qui sera obtenue. Un calcaire étant donné, on en attaque un morceau, préalablement pesé, par de l'acide chlorhydrique étendu de son poids d'eau. Il se produit une vive effervescence, l'acide carbonique se dégage, et le résidu contient la chaux, la magnésie et l'oxyde de fer dissous dans l'acide. Si le calcaire est pur, il est entièrement dissous, il n'y a donc pas de précipité. S'il renferme de l'argile, celle-ci se dépose au fond du vase. On filtre. Le dépôt d'argile reste sur le papier. On lave ce dépôt avec de l'eau, on le sèche et l'on pèse.

Pour un expérimentateur habitué à ces opérations, cette simple constatation suffit pour lui indiquer très sensiblement le degré d'hydraulicité de la chaux qu'il obtiendra. L'examen attentif du dépôt argileux sur le filtre suffit pour faire reconnaître si elle contient du sable en grains isolés. Dans ce cas, la chaux sera d'autant moins hydraulique que la quantité de sable sera plus importante; ce sera une chaux maigre. Si l'effervescence a été très vive, on est presque assuré que le calcaire ne contient pas de magnésie; par suite son degré d'hydraulicité augmente avec la proportion d'argile. Si l'on veut pousser plus loin cet examen sommaire, on reprend la liqueur filtrée qui contient la dissolution de chaux, de magnésie, d'oxyde de fer, etc. On y verse de l'ammoniaque. Si la dissolution contient de l'oxyde de fer, cet oxyde se dépose en flocons rougeâtres. On filtre ce dépôt, on le lave, on le sèche et on le pèse. En ajoutant de l'oxalate d'ammoniaque dans la liqueur filtrée, on a un précipité blanc d'oxalate de chaux qu'on laisse reposer 24 heures; on recueille ce dépôt sur un filtre et lorsqu'il est séché, on le calcine dans une capsule de platine. Il se forme alors du carbonate de chaux que l'on pèse. Enfin, en faisant bouillir avec du carbonate de potasse la liqueur débarrassée de l'oxalate de chaux, il se précipite de la magnésie en poudre blanche que l'on recueille sur un filtre et que l'on pèse après calcination.

Ainsi, en résumé : dissolution par l'acide chlorhydrique; si le calcaire est pur pas de dépôt; s'il y a un dépôt c'est de l'argile; l'ammoniaque versée dans la liqueur filtrée donne la quantité d'oxyde de fer; en versant de l'oxalate d'ammoniaque dans la nouvelle liqueur on obtient de l'oxalate de chaux qu'on transforme en carbonate par la calcination; enfin, on obtient la magnésie par la calcination du précipité obtenu en faisant bouillir avec du carbonate de potasse le reste de la dissolution débarrassée de l'oxalate de chaux.

Ces essais sont absolument suffisants dans la pratique.

CUISSON DE LA CHAUX. La cuisson a pour but de chasser, sous l'action de la chaleur, l'acide carbonique contenu dans le calcaire employé. Cette opération peut se faire au moyen de fours de formes extrêmement variées. Il ne faut donc pas songer à décrire tous les fours employés; nous ne nous occuperons ici que de ceux qui sont le plus communément en usage. La méthode la plus simple consiste à cuire le calcaire en plein air sans aucune construction, par un procédé analogue à celui dont se servent les charbonniers pour faire le charbon de bois dans les forêts. Au pays de Galles les chaufourniers cuisent ainsi *en tas*.

On dispose des tas de calcaire mélangés de houille : on les recouvre de touffes de gazon, et on guide le feu en soulevant les touffes du côté où le tirage a besoin d'être activé. On conçoit que la cuisson obtenue par ce procédé est fort imparfaite : aussi ne l'emploie-t-on guère que pour les chaux destinées à l'agriculture. Pour les chaux destinées à être employées dans les constructions on les cuit dans des fours que l'on peut classer en deux catégories bien distinctes : les *fours intermittents*, et les *fours continus*.

Fours intermittents. Les fours de cette espèce sont assez fréquemment employés, surtout pour la fabrication des chaux non hydrauliques. La cavité de ces fours est d'une forme ovoïde; ils permettent d'employer la houille, le bois ou la tourbe.

On forme, avec de grosses pierres, une voûte plus ou moins parfaite au-dessus du foyer et l'on emplit complètement le four (fig. 149). Il suffit alors de mettre le feu au combustible et de l'entretenir jusqu'à ce que la cuisson soit complète. On laisse alors

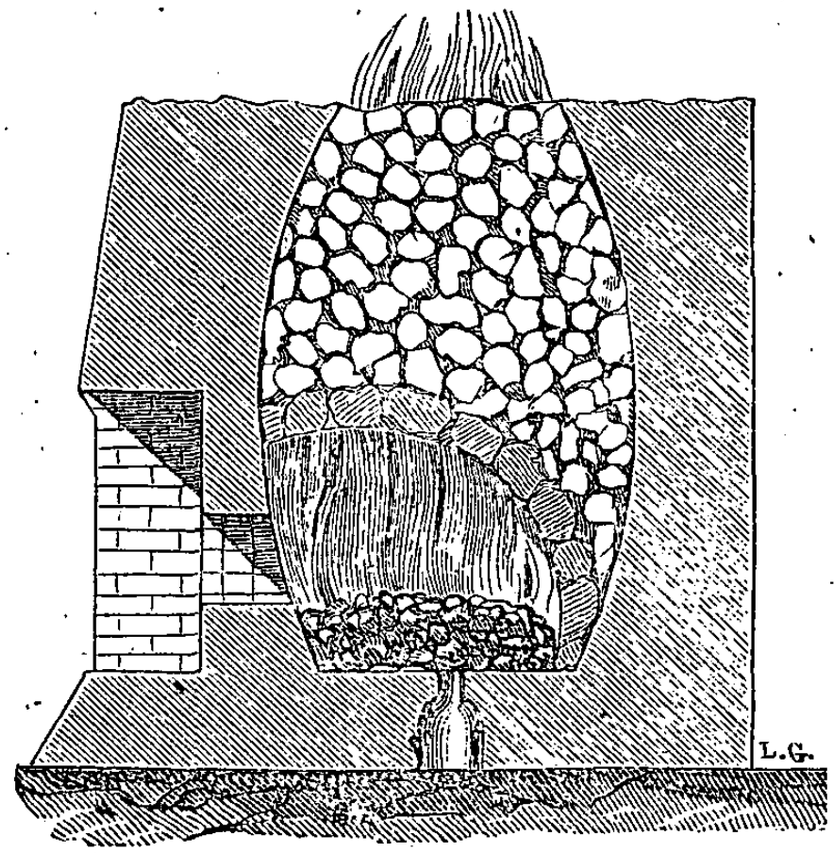


Fig. 149.

refroidir, et l'on défourne. Ce procédé est très coûteux, tant au point de vue de la main-d'œuvre que du combustible. L'opération dure trois ou quatre jours, et on consomme en moyenne 1,60. à 1;80 stère de bois. Afin d'utiliser la quantité

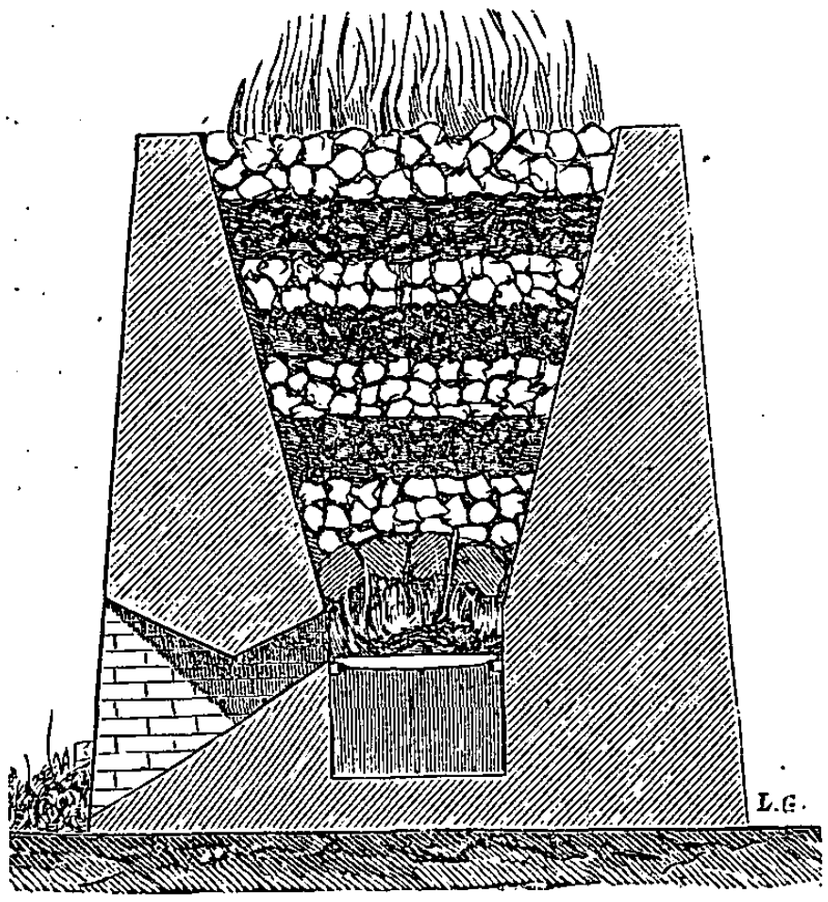


Fig. 150.

énorme de chaleur perdue dans cette opération, et lorsqu'on a des briques à fabriquer, on dispose souvent au-dessus de ce four un second four de forme analogue, séparé du premier par une voûte à claire-voie. Sur cette voûte on empile les briques dans la seconde cavité: elles sont cuites par la chaleur perdue (système Petot).

Fours continus. Ces fours sont de deux espèces : ceux où le combustible est mélangé aux calcaires, et que l'on appelle *fours coulants à courte flamme ;* ceux où, le combustible étant brûlé sur un foyer, les gaz de la combustion sont seuls admis dans la partie du four où se trouve le calcaire et qui sert ainsi de cheminée de tirage. Ce sont les *fours coulants à longue flamme*.

Les fours coulants à courte flamme sont les plus universellement employés.

Fours coulants à courte flamme. La cavité de ces fours affecte des formes extrêmement variées. Il y en a qui ont la forme d'un tronc de cône renversé (fig. 150) ; d'autres sont formés par l'adjonction de deux troncs de cônes superposés ; d'autres sont creusés en ellipsoïde. Nous recommandons spécialement cette forme qui donne d'excellents résultats : la cuisson y est très régulière ; la chaleur y est aussi bien employée que possible et le défournement se fait commodément et régulièrement, ce qui est un grand avantage. Quelle que soit la forme adoptée l'opération est la même. A la partie inférieure se trouve une grille mobile sur laquelle on dispose quelques bourrées avant le chargement; on alterne alors les couches de calcaire et les couches de combustible (coke ou charbon de terre) et l'on met le feu aux bourrées. Le feu monte graduellement, et l'on retire régulièrement la chaux cuite en enlevant les barreaux de la grille. Ce four, une fois allumé, ne doit plus être éteint que lorsqu'il a besoin de réparations. La chaux n'y est bien cuite que lorsque l'opération est en train depuis plusieurs jours. C'est aux deux tiers de la hauteur à partir du bas que se trouve la plus haute température ; c'est surtout là que la cuisson s'effectue.

Le combustible le plus convenable est le grésillon, c'est-à-dire le coke en petits morceaux. Il est préférable aux fines de charbons de terre, parce qu'il ne contient pas de goudrons ni d'huiles essentielles qui, se déposant sur la chaux, lui retirent de sa quatité.

Ce four peut donner toutes les 24 heures le tiers de sa capacité totale en chaux cuite ; c'est-à-dire qu'un four qui cube 15 mètres (capacité souvent employée) fournit 5 mètres de chaux par jour. Le calcaire doit être concassé au préalable en morceaux gros comme le poing. Lorsque le feu marche trop vite on recouvre la partie supérieure du four d'une couche de poussière de calcaire, battue de façon à ralentir le tirage. Lorsqu'au contraire une partie du four cuit mal, on la pique par la partie supérieure à l'aide de longues barres de fer de façon à rétablir le tirage. Nous donnons encore ci-contre (fig. 151) le croquis d'un four coulant employé à la cuisson des chaux non hydrauliques.

La cuisson se fait toujours de même : la forme du four est seule un peu différente, et le défournement s'opère par les côtés au lieu de s'opérer par le centre. Le petit cône central doit être fait en granit ou tout autre matière aussi résistante que possible.

Fours coulants à longue flamme. Lorsque l'on veut avoir des chaux extrêmement soignées, on emploie de préférence les fours à longue flamme,

où la chaux ne se trouve plus mélangée avec les cendres et les escarbilles. Nous donnons ci-contre (fig. 152) le croquis d'un de ces fours. Il a 8 à 10 mètres de hauteur : le charbon est brûlé sur une grille et les gaz chauds arrivent dans la cheminée où se trouve le calcaire par trois carneaux situés

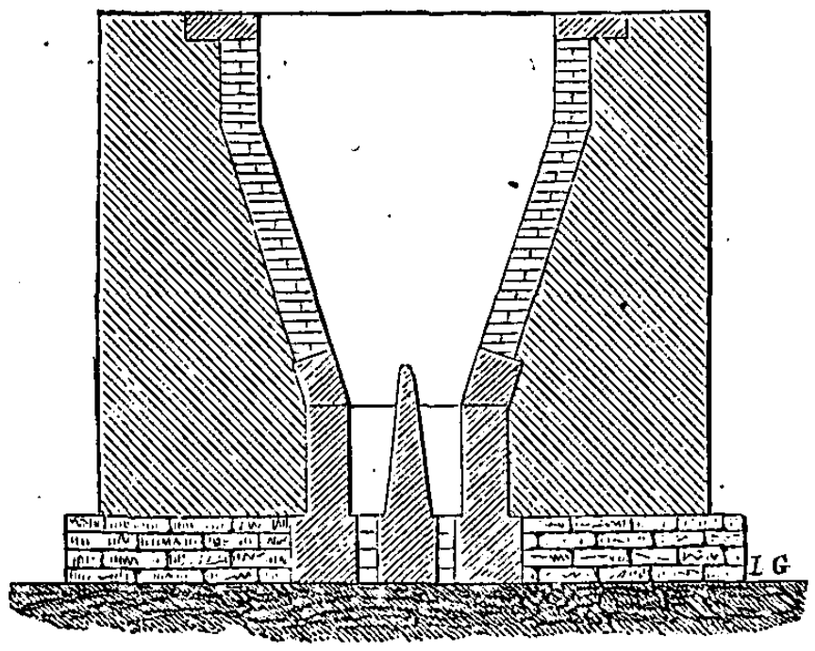


Fig. 151.

à 2 mètres au-dessus du sol. On met généralement une hotte en tôle au haut du gueulard pour régulariser le tirage.

Lorsqu'on commence à mettre le four en feu, on dispose à la partie inférieure une certaine quantité de fagots de façon à cuire la pierre qui se

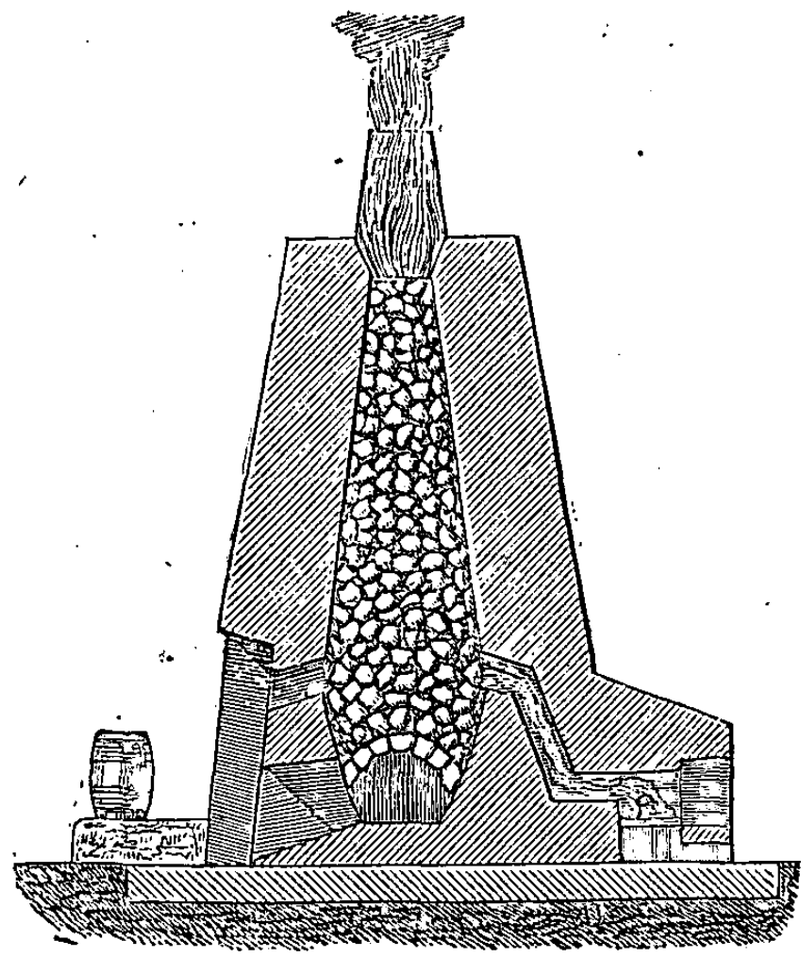


Fig. 152.

trouve en dessous des carneaux ; cela sert en même temps d'appel pour le tirage du four.

Nous citerons aussi le four de M. Simoneau où l'on peut cuire de grandes quantités de chaux et qui est convenablement construit de manière à permettre l'emploi de toute espèce de combustible. On trouve encore dans le 35e vol. du *Journal des Mines* la description d'un four destiné à utiliser les chaleurs perdues par différentes industries, telles que les usines à gaz, les hauts-fourneaux, etc.

Les fours que nous venons de décrire servent aussi bien à la cuisson des chaux grasses que des chaux hydrauliques naturelles ou artificielles. Lorsque le pays où l'on se trouve ne fournit pas de chaux hydraulique naturelle, on en fabrique d'artificielle en réunissant tous les éléments par l'un des deux procédés suivants :

1° Par *simple cuisson*. On mélange à du carbonate calcaire réduit en bouillie, de l'argile dans les proportions nécessaires. On forme des *pains* ou *briquettes* que l'on soumet à la cuisson après les avoir concassés en morceaux de grosseur convenable 2° Par *double cuisson*. On calcine le carbonate tel que le pays le fournit et l'on en forme de la chaux grasse que l'on éteint et que l'on met en état de pâte. On mélange à cette pâte la quantité d'argile nécessaire pour le degré d'hydraulicité que l'on veut obtenir, et l'on soumet ce mélange, préalablement réduit en pains comme ci-dessus, à une seconde calcination.

Ce procédé est plus coûteux que le précédent : mais il donne des chaux plus homogènes.

Degré de la cuisson : La température à laquelle on cuit la chaux grasse importe peu : un excès de température ne lui enlève pas ses propriétés. Pour la chaux hydraulique, c'est beaucoup plus grave : car il ne s'agit que de chasser l'acide carbonique du calcaire, et il faut prendre garde de faire éprouver, par un excès de température, un commencement de fusion aux autres matières en présence, ce qui détruirait complètement toutes leurs qualités utiles. On sent donc que cette opération est fort délicate.

Indices d'une bonne cuisson. On reconnaît que la chaux vive a été cuite au degré convenable, lorsqu'elle fuse complètement et rapidement dans l'eau. Si elle reste un jour ou deux dans l'eau sans avoir subi une extinction complète, c'est qu'elle est trop calcinée. Elle ne doit contenir aucun biscuit ni durillon.

Les chaux hydrauliques bien cuites sont légères, elles ont une consistance crayeuse et elles font effervescence avec l'eau. Si elles sont lourdes, compactes, légèrement vitrifiées, elles sont trop cuites ; si, au contraire, elles ne fusent que superficiellement en laissant un noyau, c'est que la cuisson est incomplète.

Conservation de la chaux. Pour conserver à la chaux les qualités qu'elle possède à la sortie du four, ce qui est d'une grande importance, il faut avoir soin, soit à la fabrique, soit sur le chantier, de la mettre à l'abri sous des hangars, ou mieux dans des caisses ou tonneaux hermétiquement fermés : avec cette dernière précaution, on peut conserver la chaux au moins une année, sans qu'elle ait perdu sensiblement ses qualités.

« Pour conserver parfaitement la chaux hydraulique, dit Vicat, il faut commencer par étendre sur le sol d'un hangar, ce sol étant maintenu à l'abri de l'humidité, une couche de chaux de $0^m,15$ à $0^m,20$ d'épaisseur, réduite en poudre par immersion ; ensuite sur cette couche on empile la chaux vive, en la serrant avec une masse de bois pour diminuer les vides autant que possible. On termine le monceau par des talus assez doux, qu'on recouvre

d'un dernier lit de chaux, prise au moment où elle vient de subir l'immersion; celle-ci, en tombant en poussière, se loge dans les intervalles de la chaux vive en pierres, et l'enveloppe assez bien pour la défendre du contact de l'air et de toute humidité. On lisse avec le dos d'une pelle la superficie de cette espèce de manteau, dont l'épaisseur est de 0m,15 environ. Une expérience, faite sur un tas de 60 mètres cubes de chaux vive a justifié de l'efficacité de ce procédé; la chaux retirée du tas s'échauffait et fusait encore très bien après cinq mois d'un hiver constamment pluvieux. »

Extinction et foisonnement de la chaux. — V. MORTIER.

Moyen de reconnaître le degré d'hydraulicité des chaux naturelles ou artificielles. Après avoir éteint une certaine quantité de chaux on la met dans un verre ordinaire sur les deux tiers de la hauteur, et l'on remplit le vase d'eau. Si la chaux est de bonne qualité elle doit avoir fait prise au plus tard six jours après son immersion, de manière à supporter sans dépression une aiguille de 0m,0012 de diamètre limée carrément à son extrémité et chargée à l'autre d'un culot de plomb de 0k,3. Les chaux éminemment hydrauliques du Theil et de St-Astier donnent ce résultat après 24 à 36 heures d'immersion.

Prix de revient. Le prix de revient de la chaux est essentiellement variable avec la nature du carbonate employé; la distance de transport des argiles nécessaires au dosage; les difficultés d'extraction; la valeur des droits de fortage ou l'amortissement de la propriété; le mode de traitement; la nature du combustible employé; la distance de transport aux lieux de livraison, et enfin le transport à pied-d'œuvre aux lieux de consommation. Voici des indications que nous croyons, dans tous les cas, très voisines de la vérité, et desquelles par la disposition des usines on devra essayer de se rapprocher.

1° *Prix de fabrication.*

Droit de fortage ou amortissement de la propriété : 0 fr. 60 par mètre cube de vide, soit par mètre cube de chaux fabriquée	0 15	
Découverte des glaises et des marnes, moyenne par mètre cube de chaux fabriquée	0 15	
Extraction de la marne ou du calcaire à 4 francs par mètre cube, soit pour 0,85 au dosage, déchet compris, 3 fr. 40 et par mètre cube de chaux fabriquée	0 85	
Extraction de l'argile ou de la glaise, 2 francs par mètre cube, soit pour 0,20 au dosage, déchet compris, 0 fr. 40 et par mètre cube de chaux fabriquée	0 10	
Chargement des matières et conduite à la chambre des mélanges	0 25	
Dosage des mélanges	0 16	
Fabrication des pains, concassage	0 45	
Conduite aux fours ou remontages	0 17	
Machines : combustible, alimentation, entretien et amortissement	0 22	
	2 50	
Frais généraux et bénéfices	0 25	
	2 75	2 75

2° *Prix de la cuisson (à la houille).*

Chargement dans les fours, conduite du feu, déchargement, par mètre cube de chaux fabriquée	0 40	
A reporter	0 40	2 75

Report	0 40	2 75
Combustible, 275 kilogrammes houille à 26°, la tonne 7 fr. 15 par mètre cube de calcaire, soit par mètre cube de chaux fabriquée	3 57	
	3 97	
Frais généraux et bénéfices	0 38	
	4 35	4 35

3° *Livraison.*

Extinction, mise en sacs ou en barils y compris usure des sacs	1 »
Total	8 10

Nous croyons qu'il sera généralement possible d'organiser un service de fabrication où ces prix ne seront pas dépassés.

A Paris, la chaux moyennement hydraulique se vend, en général, 22 francs le mètre cube; elle est grevée des frais suivants :

Droit d'octroi, 12 francs par 100 kilogrammes, soit par mètre cube	6 »
Transport à pied d'œuvre (maximum)	2 »
Total	8 »

Il faut ajouter à cette dépense le transport de l'usine à Paris.

Opérations à faire subir à la chaux cuite pour la livrer au commerce. Les chaux non hydrauliques sont livrées au commerce telles qu'elles sortent des fours.

Pour les chaux hydrauliques, il n'en est plus de même; ces chaux dont la fabrication doit être extrêmement soignée, ne peuvent être employées que réduites en poudre impalpable. Lorsque la chaux est cuite, on la laisse refroidir. On l'arrose alors légèrement de manière à la faire *fuser*. Tout ce qui est bien cuit se réduit de suite en poudre impalpable que l'on envoie dans des blutoirs et que l'on met en sacs pour la livrer au commerce. Les incuits, les parties trop cuites ne fusent pas. Les incuits sont remis sur les fours. Quant aux parties trop cuites et qui ont souvent subi un commencement de vitrification, elles peuvent, en général, servir à faire du ciment, et elles sont mises de côté pour cet usage. — FL.

Chaux. Ce mot s'applique encore à différents produits, que nous allons indiquer. *Chaux artificielle.* Chaux que l'on compose par synthèse et à laquelle on peut donner différentes propriétés suivant le dosage des matières entrant dans sa composition. — V. l'art. précédent. || *Chaux animalisée.* Mosselmann a proposé de désinfecter les matières fécales au moyen de la chaux vive. La chaux vive est d'abord éteinte en présence de l'urine; puis cette chaux éteinte sert ensuite de véhicule aux matières fécales. Si les matières n'ont subi que peu de fermentation, il se dégage seulement une petite quantité d'ammoniaque; les matières azotées restantes sont retenues, ainsi que les phosphates transformés en phosphate de chaux, et la majeure partie des autres sels solubles. Ce mélange est employé comme engrais dans les localités où l'on ne produit pas de matières de vidanges en quantité trop considérable. || *Chaux* (eau de). Lorsqu'on laisse déposer la chaux d'un lait de chaux, il reste dans le liquide limpide une faible quantité de chaux en dissolution; cette eau de chaux n'a qu'un usage très res-

treint dans les laboratoires. On s'en sert surtout pour prouver la présence de l'acide carbonique dans l'expiration et la solubilité du bicarbonate de chaux. En soufflant dans un verre contenant de l'eau de chaux, il se forme d'abord du carbonate insoluble, puis par une addition d'eau de seltz on redissout le précipité. || *Lait de chaux.* Lorsque l'on délaye de la chaux éteinte dans l'eau, les particules de chaux restant facilement en suspension donnent à l'eau l'apparence du lait, ce qui a fait donner au mélange le nom de *lait de chaux*. On emploie fréquemment le lait de chaux dans l'industrie pour une foule d'usages, et en particulier dans la fabrication du sucre pour la défécation des jus sucrés, et en général partout où il est nécessaire que la matière calcaire se trouve en petite quantité relative par rapport à la matière à traiter comme cela a lieu dans les cas de la défécation. || *Chaux sodée.* Un mélange de chaux vive et de soude caustique, fondu au rouge, porte le nom de *chaux sodée*. Ce mélange est employé dans l'analyse des matières organiques pour le dosage de l'azote, il transforme les matières azotées qu'elles contiennent en ammoniaque que l'on recueille à l'état de sel ammoniacal, dont on déduit l'azote. || *Chaux crue.* Espèce de défaut du parchemin.

* **CHAYA-VER.** Le *chaya-ver* ou *chaya-wayr* aussi *saya-vayr* est la matière colorante par excellence des Indiens. C'est la racine de l'*oldenladia umbellata* de Linnée, ou de l'*hedyotis umbellata* de Lamark. Il y a de nombreuses variétés d'hedyotis, entr'autres l'*auricularia*, le *trinervia*, le *burmanniana*, le *dichotoma*, etc., mais aucune d'elles n'a les propriétés caractéristiques du chaya-ver. Le nom de chaya-ver vient du Malabar *chaya* qui signifie *qui fixe les couleurs* et de *ver* ou *wayr* racine. Ce dernier radical se retrouve dans une foule de produits très usités en Europe tels que le wetti-ver. Le chaya-ver porte toute une série de noms suivant les localités ; les colons anglais l'appellent *chaya-root* ou encore *east india madder*. On l'appelle *cheri-velu* en Telinga et *saya-emburelehcddi* en Tamoul.

Le chaya-ver, quelle que soit sa qualité, n'est jamais coloré en rouge, il ne ressemble en rien à la garance comme aspect extérieur ; tout en ayant des propriétés tinctoriales analogues. Ses racines sont grises, ternes, fauves, comme celles de beaucoup de plantes indifférentes. Son infusion et sa décoction à l'eau tiède ou bouillante ne donnent qu'un bain ressemblant à une tisane ordinaire. Sa couleur ne se revèle qu'au moyen d'un alcali en dose convenable: l'effet produit est très rapide, car il se développe instantanément une magnifique couleur rouge vif très foncé.

On connaît environ trente qualités de chaya-ver, parmi lesquelles il y en a une douzaine parfaitement caractérisées.

Le chaya-ver se présente en grandes quantités sur les marchés de Madras, de Calcutta, de Pondichery, de Maduré. On le vend sous forme de petits fagots, les racines sont reliées entre elles par des sortes de lianes. Les plus courtes ont 20 à 25 centimètres de long et d'autres ont jusqu'à soixante-dix centimètres de longueur. Les premières sont les plus estimées et donnent, à poids égal, le meilleur produit. Les secondes qui se tirent en abondance de Karikal sont moins appréciées quoiqu'elles soient le produit d'une culture spéciale.

Le chaya-ver sert dans l'Inde pour la teinture des rouges de Madras, de Maduré, du noir d'Oulgaret, du violet de Nerpely ; on s'en est quelque peu servi en France, après le voyage fait aux Indes par M. Gonfreville qui a donné sur cette plante de nombreux renseignements insérés au *Technologiste* (années 1828 à 1832). On peut facilement l'appliquer sur laine, soie, coton, lin, etc. Sa couleur est très solide, mais on n'a pas su en tirer tout le parti possible. Cette substance, vu son bas prix, doit facilement pouvoir être importée soit à l'état d'extrait, soit à l'état de laque. Des travaux indiquant la façon de se comporter de cette matière colorante, comme couleur, valeur et son application au moyen des sels que l'on emploie aujourd'hui dans l'impression, rendraient service à l'industrie et combleraient une lacune regrettable.

Les mordants, préconisés par M. Gonfreville, sont les sels d'alumine pour les rouges, les sels de fer et de cuivre pour les noirs et le mélange des sels d'alumine et de fer pour les bruns, puces, etc. D'après les données ci-dessus indiquées, il a été teint un certain nombre de pièces de laine à Elbeuf et quelques pièces de coton à Deville, dans l'usine de MM. Fumery et Leseigneur. L'expérience a montré que le chaya-ver teignait comme 50 0/0 de son poids d'une bonne garance. La couleur est parfaitement résistante au savon : mais comme à cette époque, le chlorage était inconnu, on ne ne sait rien de sa résistance aux agents oxydants.

D'après M. Girardin, qui a analysé quelques spécimens de chaya-ver, cette substance contiendrait beaucoup de sulfate acide de chaux, une matière colorante rouge et une matière colorante jaune. D'après M. Robiquet, la matière colorante rouge aurait beaucoup d'analogie avec l'alizarine de la garance. Le mode d'emploi des Indiens diffère complètement de nos modes de teinture. Ils plongent l'étoffe à teindre et préalablement imprégnée de potasse dans une infusion de chaya-ver, l'y laissent séjourner 24 heures, puis donnent un bouillon de 1 heure, le lendemain l'étoffe est lavée puis plongée à nouveau dans un bain de potasse, puis de chaya-ver; cette opération se répète 4 fois.

Les fils se teignent de la même façon ; on les tisse ensuite avec des fils d'or pour en faire des tissus spécialement employés dans les cérémonies religieuses.

Le chaya-ver se vend actuellement (1882) 1 roupie soit 2 fr. 20 à 2 fr. 40 le kilogramme la bonne qualité et trois quarts de roupie ou environ 1 fr. 60 à 1 fr. 80 la qualité inférieure. — J. D.

* **CHECHIA.** — V. Chachia.

CHEF. 1° *T. de mét.* On désigne ainsi, dans un grand nombre de métiers ou d'exploitations, celui

qui dirige, qui commande les ouvriers. || 2° *T. d'exploit. des min.* Affleurement d'une couche de houille à la partie inférieure des morts-terrains. || 3° *T. de tiss. et d'impr. Chef de pièce.* C'est ainsi que l'on dénomme les marques spéciales que l'on met aux deux extrémités d'une pièce de marchandise tissée, blanchie, apprêtée, teinte ou imprimée. Une pièce sans ses chefs, n'est plus une pièce entière. Dans les pièces de coton écru, de tout genre, on tisse, à une extrémité, une bande fine qui forme le *chef intérieur* : la bande extérieure qui est le vrai *chef de pièce,* est beaucoup plus large, quelquefois unicolore, souvent multicolore. Cette bande constitue une véritable marque de fabrique. Dans les tissus à teindre, laines, cachemires, croisés, etc., le chef est brodé soit en coton soit en une fibre autre que celle de la pièce pour que la teinture ne prenne que difficilement. Les tissus blancs ou apprêtés ont un chef imprimé ou brodé, ou imprimé et brodé. Certaines de ces broderies faites au fil d'or au point de chainette, comme celles des madapolams, etc., coûtent, relativement à la valeur de la marchandise, assez cher. On construit aussi des machines spéciales, au moyen desquelles on peut dorer ou argenter les chefs de pièce. Les tissus imprimés ont, pour la fabrication et la vente, un chef imprimé attestant pour le vendeur et l'acheteur la qualité de la marchandise, la provenance et la quantité spécifiée par l'étiquette ou la vignette.

|| *Art hérald.* 4° Pièce honorable qui est au haut de l'écu, et qui en occupe le tiers ou les deux septièmes. On en détermine la qualité par quelque autre mot; on distingue : le *chef abaissé,* placé sous un autre chef; le *chef bandé,* divisé en six parties par cinq lignes diagonales; le *chef chargé,* sur lequel on voit un ou plusieurs meubles; le *chef cousu,* qui se rencontre métal sur métal, ou couleur sur couleur, ce qui n'est pas conforme à la règle; le *chef denté,* celui dont le bord inférieur est coupé par des dents de scie; le *chef échiqueté,* celui qui est divisé en deux ou trois rangs de carreaux; le *chef émanché,* ou *emmanché,* celui qui, dans sa partie inférieure, a de grandes dents en pointes entrant les unes dans les autres, et dont la partie basse est terminée en plusieurs angles très aigus; le *chef engrêlé,* celui qui a en haut et en bas des petites dents fines dont les cavités sont arrondies; le *chef losangé,* qui est divisé en losanges; le *chef retrait,* qui n'a en hauteur que la moitié de sa proportion ordinaire; le *chef soutenu,* celui qui est abaissé sous un autre, qui n'a que la moitié de sa proportion ordinaire et semble soutenu par une espèce de second chef appelé *divisé*; le *chef surmonté,* qui en a un autre au-dessus de lui. || 5° *T. techn.* Chez les boulangers, morceau de levain de la dernière fournée, pour servir à la fournée suivante. || 6° Le côté d'une carrière coupé à pic.

CHEF-D'ŒUVRE. Etymologiquement, ce mot composé signifie commencement de travail; il désignait autrefois le début industriel d'un artisan instruit et expérimenté, « d'un maître ouvrier », comme on disait au moyen âge, et comme on dit encore aujourd'hui. L'expression *chef,* on le sait, avait dans l'ancienne langue, le sens de point de départ, et l'a conservé en certains cas : une rue « sans chef » était une impasse, dépourvue d'aboutissant; les pièces de drap qui sortent de nos fabriques ont toutes un *chef.* — V. Chef, § 3.

Mais, comme en toute chose, il importe de bien commencer; comme la besogne, au témoignage d'Horace, est à moitié faite quand il y a une bonne mise en train, *dimidium facti qui cœpit habet*, les ouvriers de la tête ou des bras ont toujours tenu à honneur de signaler leur début par une œuvre remarquable, exceptionnelle, propre à faire immédiatement leur réputation et leur fortune. Il en est résulté que le mot « chef-d'œuvre » a fini par être employé dans cette unique acception : il désigne aujourd'hui un travail de haute valeur, tant dans l'ordre matériel que dans le domaine des choses de l'esprit. Historiquement et dans le sens restreint qui convient à la spécialité de ce dictionnaire, nous entendons par là une épreuve décisive, imposée jadis à l'artisan par ceux auxquels il appartenait de constater sa capacité professionnelle.

— On ne connaît qu'imparfaitement les conditions du travail dans le monde grec et romain : l'état servile de l'ouvrier, la nécessité où il était le plus souvent de travailler dans la maison de son maître et pour celui-ci seul, le différencient radicalement de l'artisan contemporain. Le servage du moyen âge a bien quelques points de ressemblance avec l'esclavage antique ; mais l'affranchissement des communes, la liberté relative dont le travailleur jouissait dans les villes, le régime corporatif auquel les métiers furent soumis de bonne heure, ont fait à l'ouvrier européen, à l'ouvrier français en particulier, une situation à part. Le « chef-d'œuvre » ne lui a pas toujours été imposé, et quand on lui en a fait une obligation, il a pu souvent y échapper, par les privilèges, exemptions et immunités qui lui venaient du roi et des officiers royaux, des évêques, des abbés, des abbesses et des commanderies.

M. Levasseur, de l'Institut, dans son *Histoire des classes ouvrières en France,* a donné du « chef-d'œuvre », pris à son époque la plus dure et et sous sa forme la plus rigoureuse, la définition suivante :

« Le chef-d'œuvre n'était pas seulement un simple examen qu'un patron faisait subir à son apprenti pour s'assurer de sa capacité; c'était un travail long et difficile que la corporation donnait solennellement à faire à tout ouvrier qui, ayant passé par les épreuves de l'*apprentissage* (V. ce mot), voulait s'établir; c'était un brevet de maîtrise qui conférait à l'artisan le droit d'ouvrir boutique en son nom. Quiconque ne s'était pas présenté et n'avait pas été reçu n'était pas maître, et ne pouvait faire partie du corps de métier qu'à titre d'ouvrier et sous les ordres d'un autre. S'avisait-il de travailler pour son compte, les magistrats saisissaient ses outils, ses marchandises, et le condamnaient à une amende. »

A quelle époque l'obligation du chef-d'œuvre commence-t-elle à se montrer? On ne peut se faire une opinion à cet égard qu'après avoir consulté le plus ancien document que nous possédions sur la matière : nous voulons parler du *Livre des Métiers* d'Etienne Boileau, dont une excellente édition a été récemment publiée par le Service historique de la ville de Paris. Sur une centaine de corporations ouvrières, cinq font allusion à un certain examen des capacités du jeune homme aspirant à la maîtrise. Chez les orfèvres, par exemple, l'apprenti pouvait se libérer de son contrat et recevoir un salaire avant la fin de son apprentissage, s'il était assez habile pour payer sa nourriture et gagner la valeur de cent sous parisis en un an. Les fourreurs de chapeaux ne recevaient un ouvrier

étranger qu'après une épreuve constatant qu'il connaissait à fond son métier. D'après les statuts des cordouaniers, on ne pouvait exercer que lorsqu'on avait été « veuz et esgardez par les mestres ». Les tailleurs de robe ne permettent de « lever establie » que si l'ouvrier est trouvé suffisamment capable de coudre et de couper. Le texte d'Etienne Boileau est plus explicite en ce qui concerne les ouvriers en draps de soie : « Quiconques, y est-il dit, voudra tenir ledit mestier comme mestre, il convendra que il le sache faire de touz poins, de soy, sans conseil ou ayde d'autruy, et que il soit à ce examinez par les gardes du mestier. » Enfin les « chapuiseurs de selles » ou arçonniers, prononcent le mot : « Si li apprentiz set faire son chief d'œvre tout sus, ses mestre puet prendre un autre aprentiz, pour la reson de ce que quant un aprentiz set faire son chief d'œvre, il est reson que il se tiegne au mestier et soit en l'ouvroir, et est reson que on l'oneurt et deporte plus que celui qui ne le set faire, si que ses mestros ne l'envoit mie en la vile quere son pain et son vin ausi come un garçon; et par cele reson puet li mestre prendre un autre aprentiz, si tost que cil set faire son chief d'œvre. »

Exceptionnelle à l'époque d'Etienne Boileau, l'obligation du chef-d'œuvre ne tarda point à devenir générale, soit parce que les avantages en furent promptement appréciés, soit parce que le privilège accordé aux fils de maître de succéder d'emblée à leur père, et la multitude toujours croissante des aspirants à la maîtrise mirent les corporations dans la nécessité de restreindre le nombre des ateliers, pour conserver à chacun sa clientèle et ses bénéfices. Les épreuves industrielles prirent donc insensiblement le caractère *éliminatoire*, que beaucoup d'examens et de concours ont encore aujourd'hui. Nos diplômes, nos brevets, nos certificats d'études ne sont d'ailleurs, dans l'ordre intellectuel, que l'équivalent du chef-d'œuvre exigé des ouvriers d'autrefois, et ce n'est pas sans raison que les économistes de l'école libérale se demandent pourquoi Malesherbes et Turgot ont aboli, en 1776, le chef-d'œuvre avec les maîtrises et les jurandes auxquelles il était lié, tout en conservant le diplôme, et le monopole qui en est la conséquence pour les professions libérales, la médecine, le droit, l'enseignement, etc.

Considéré soit comme une constatation d'aptitude, soit comme un obstacle légal, le chef-d'œuvre variait selon les métiers ; il y a plus : on le voit varier dans une même profession, selon la partie à laquelle l'aspirant déclare vouloir s'attacher. Les céramistes font soit un pot, soit un plat, soit un gobelet, suivant la spécialité à laquelle ils se destinent ; les cordiers font une ficelle, une corde à puits, un câble ; les fèvres (ouvriers en fer) une serrure, un outil, un embattage de roue, un fer à cheval, selon la fabrication spéciale à laquelle ils entendent se livrer.

La confection du chef-d'œuvre exigeait un temps assez long : on ne pouvait y travailler que devant les jurés du métier et dans la maison de l'un d'eux. Enfermés comme les écoliers pour les compositions de prix, ou comme les artistes en loge, les aspirants à la maîtrise avaient assez souvent recours à la fraude. Ils corrompaient parfois le prudhomme à la garde duquel on les avait confiés ; parfois aussi, quand ils avaient besoin d'un aide, ils introduisaient près d'eux un ouvrier habile dont ils mettaient la science à profit ; enfin, bien qu'ils eussent juré de garder le secret sur la nature de la pièce à laquelle ils travaillaient, comme ils ne couchaient point dans la maison du maître et qu'ils rentraient chez eux chaque soir, il leur était facile de recevoir des conseils et d'améliorer le lendemain leur travail de la veille. De là des contestations, des injustices, des « passe-droit », quelquefois même des procès.

Le chef-d'œuvre une fois terminé, quand il n'y avait opposition de la part de personne, les jurés du métier se livraient à un examen approfondi, puis ils se rendaient chez le magistrat sous la juridiction duquel était placée la corporation, déclaraient par serment qu'ils avaient vu travailler l'aspirant, que la pièce confectionnée était bien son œuvre et qu'ils l'approuvaient. Le candidat prêtait alors le serment professionnel prescrit par les statuts, et il était, *en principe*, déclaré maître.

Nous disons *en principe*, parce qu'il lui restait à acheter le métier, quand celui-ci était vénal, et à payer tous les faux frais auxquels les épreuves donnaient lieu. C'était : un cierge à la confrérie, un droit de location au maître qui avait prêté sa maison ou son atelier ; une indemnité aux jurés examinateurs ; une somme au magistrat qui avait reçu le serment ; un dîner aux membres de la corporation, indépendamment de ceux que l'aspirant leur avait offerts pendant qu'il travaillait à son chef-d'œuvre. Enfin, dans un certain nombre de métiers, le chef-d'œuvre était, aux termes des statuts, la propriété de la communauté à laquelle appartenait le nouveau maître, et celui-ci devait le racheter à beaux deniers comptants, s'il voulait conserver ce témoignage de son habileté professionnelle.

On comprend que de telles obligations imposées aux ouvriers aspirant à la maîtrise constituaient à la fois une charge énorme pour les candidats et un avantage considérable pour les jurés et la corporation tout entière. Une fois admis, les nouveaux maîtres oubliaient les ennuis, les dépenses qu'ils avaient dû subir, et ils les imposaient plus tard aux autres, ainsi que, dans nos modernes écoles militaires, les *brimés* de l'année précédente imposent les *brimades* aux conscrits de l'année d'après. Quel est, d'ailleurs, l'avocat, le médecin, l'agrégé de nos jours qui, après avoir conquis péniblement son diplôme, s'avise d'en proposer la suppression, au profit de ses émules en jurisprudence, en thérapeutique, en sciences ou en lettres ? Quelle est la faculté qui demande l'abolition des grades, dont la collation lui assure un profit légitime ? Au moyen âge, ainsi qu'aujourd'hui, les individus et les corporations avaient donc un égal intérêt à maintenir un régime dont ils tiraient double bénéfice. Beaucoup d'argent, de présents, d'invitations à recevoir de ceux qui voulaient s'établir, peu de maîtres établis se partageant la clientèle, c'est le raisonnement fort simple que se faisaient les communautés ouvrières pour perpétuer l'obligation du chef-d'œuvre.

Le principe de liberté affectait alors la forme du privilège : c'était dans les enclos des couvents et des commanderies, dans les faubourgs et autres lieux compris en la censive des seigneuries ecclésiastiques et laïques, que travaillaient les ouvriers non pourvus de la maîtrise. L'immunité dont ils jouissaient était dommageable aux maîtres régulièrement établis ; mais les revenus des établissements religieux ou militaires, où les ouvriers non diplômés pouvaient « œuvrer », s'en accroissaient d'autant, et si la liberté n'y était absolument pour rien, le public, du moins, y trouvait un notable bénéfice.

Les abus auxquels donnait lieu le régime du chef-d'œuvre devinrent intolérables pendant les XIV^e^ et XV^e^ siècles : les guerres incessantes, en arrêtant l'industrie et le commerce, en exposant les gens de métier à toute sorte de déprédations, fournissaient un prétexte à la réduction du nombre des ateliers et à l'aggravation des dépenses qui pesaient déjà sur les aspirants à la maîtrise. L'excès devint tel que les rois s'en émurent ; et, de fait, leur intérêt dans la question était absolument distinct de celui des corporations. Plus on comptait de maîtres dans chaque métier, plus le trésor royal avait à percevoir ; la taille, la capitation et les diverses taxes qui pesaient sur les gens établis ne donnaient donc point, dans les villes, ce qu'un régime plus libéral aurait produit. D'ailleurs, l'argent qui entrait dans l'escarcelle des corporations échappait au fisc ; ce que gagnaient les métiers, le roi le perdait, et si le nouveau maître, épuisé par les exactions, ouvrait boutique sans finance suffisante, il se trouvait bientôt hors d'état de continuer.

Que l'opposition d'intérêts fût le vrai motif de l'inter-

vention royale, ou qu'il s'y mêlât quelque idée de liberté et de protection, toujours est-il qu'en France, à partir de Louis XII, les abus qu'entraînait le régime du chef-d'œuvre sont l'objet de nombreux édits de blâme et de réforme. Nous ne les énumérerons point ; nous nous bornerons à citer un passage significatif de celui de 1583, qui les résume tous :

« Voulons, dit Henri III, donner ordre aux excessives despenses que les pauvres artisans sont contreins faire pour obtenir le degré de maîstrise, estans quelquefois un an et davantage a faire un chef d'œuvre, tel qu'il plaist aux jurés ; lequel enfin est trouvé mauvais par eux et rompu, s'il n'y est remédié par lesdits artisans avec infinis présens et banquets ; ce qui recule beaucoup d'eux de parvenir au degré et les contrainct de quitter les maîstrises et besongner en chambres, esquelles etant trouvez et tourmentez par leditz maistres, bien souvent moins capables qu'eux, n'estans receuz par lesditz jurez que ceux qui ont plus d'argent et moyens de leur faire dons, presens et despences, etc. »

Quel réquisitoire contre le chef-d'œuvre et contre la manière dont il était pratiqué au XVI^e^ siècle ! Les ajournements intéressés, qu'on reproche sans fondement à nos facultés modernes, ne sont rien à côté de ces exactions.

Il faut dire, à la louange de Henri III et de ses conseillers, qu'ils entrevirent les véritables principes économiques : la cause des consommateurs leur parut aussi intéressante, au moins, que celle des producteurs, et la liberté du travail, bruyamment proclamée deux siècles plus tard, eut évidemment leurs sympathies. Dáns ce même édit de 1583, le roi s'exprime ainsi : « Sçachant que l'abondance des artisans rend la marchandise à beaucoup meilleur prix, au prouffit de nostre peuple, avons de nouveau fait et passé, faisons et passons maistres desditz arts et mestiers, tant en nostre bonne ville de Paris et faulxbourgs d'icelle, qu'ès autres, trois artisans de chascun mestier, à chascune de nos entrées et mariages ; lesquelz nous avons dispensez et dispensons de faire aucun chef-d'œuvre. » Cette dernière concession n'est, en réalité, qu'une sorte de don de joyeux avènement ; mais, le principe de 1776 est posé dans l'édit de 1583 : utilité de la concurrence et liberté du travail.

Henri IV, qui a dans l'histoire un plus grand renom de libéralisme, reste cependant bien en deçà de son prédécesseur : l'homme de la « poule au pot » maintient l'obligation du chef-d'œuvre, et se borne à en refréner les abus : il supprime, entre autres, le fameux « roi des merciers » qui s'était arrogé une sorte de juridiction sur la plupart des métiers et battait illégalement monnaie en délivrant, à grands frais, de prétendues lettres de maîtrise. Il blâme dans ses édits « les partialitez, monopoles, longueurs et excessives despences qui se pratiquent journellement, au très grand dommage des pauvres artizans désirant obtenir le degré de maîstrise et contrains de faire chef-d'œuvre » ; mais, préoccupé de rétablir, à Paris et dans les grandes villes du royaume, l'industrie et le commerce ruinés par les guerres civiles, il hésite devant une mesure radicale qui n'eut peut-être alors profité à personne. Les maîtres appauvris n'auraient pu supporter la concurrence qu'on leur eut faite, et les ouvriers sans argent se seraient trouvés hors d'état d'ouvrir boutique.

Le régime du chef-d'œuvre se maintient donc pendant tout le XVII^e^ siècle, et Colbert lui-même n'y touche pas. L'exagération du principe d'autorité, œuvre de Richelieu, de Mazarin et de Louis XIV s'accommodait assez avec le despotisme des corporations et, d'ailleurs, l'esprit de fiscalité qui a toujours caractérisé l'administration financière du roi-soleil, lui interdisait de porter atteinte à des privilèges dont il s'entendait si bien à tirer profit. Les nombreuses créations d'offices, chèrement rachetés par les corporations qui vidaient leurs caisses dans celles du monarque, impliquaient naturellement le maintien du régime corporatif, de la maîtrise et du chef-d'œuvre coûteux qui en était la condition. Pour pouvoir rançonner les communautés ouvrières, il fallait bien leur permettre de tirer de l'argent de ceux qui aspiraient à ouvrir boutique et atelier.

Cependant les vieux abus, dont les édits précédents n'avaient point eu raison, continuent à être blâmés par le roi et par l'opinion publique. L'ordonnance de 1673 défend aux corporations « de prendre ni recevoir des aspirants à la maîtrise aucun présent pour leur réception, ni aucuns droits que ceux qui sont portés par les statuts ». L'édit de 1691 veut « que les chefs d'œuvre soient achevez dans l'espace d'un mois ». De son côté, le célèbre observateur de l'*Œil-de-bœuf*, en traçant le tableau des « Caractères et mœurs de ce siècle », constate avec regret que « nul artisan n'est agrégé à aucune société, ni n'a ses lettres de maîtrise, sans faire son chef-d'œuvre ». Un siècle plus tard, J.-J. Rousseau, réformateur beaucoup plus radical que La Bruyère, se plaint amèrement « que l'ouvrier fasse toujours son chef-d'œuvre, et que jamais il ne passe maître ».

Les Encyclopédistes et les philosophes eurent donc peu à faire pour ruiner dans l'opinion le régime qui avait perpétué cette coûteuse exigence : le principe de la concurrence commerciale et de la liberté du travail avait pour lui, au XVIII^e^ siècle, tout ce qui était « dans le mouvement ». Aussi, dès que Louis XV eut fermé les yeux, ce ne fut pas « le déluge », mais l'abolition du régime corporatif qui survint. L'un des premiers actes du premier ministère de Louis XVI, c'est le fameux édit de 1776, coup direct porté au vieil édifice qui devait s'écrouler treize ans plus tard. Turgot, Malesherbes, Lamoignon et Miromesnil ne prévirent évidemment pas que les considérants de leur édit inspireraient les sécularisateurs des biens d'église, et que les mesures prises pour la liquidation des communautés *ouvrières* seraient, avec une logique impitoyable, appliquées aux communautés *religieuses*. Il y aurait là un curieux rapprochement à faire ; mais ce serait nous écarter du sujet spécial de cet article. Qu'il nous suffise d'extraire, des nombreux documents relatifs à l'abolition de l'ancien régime industriel, le passage concernant le chef-d'œuvre.

« Nos sujets, dit Louis XVI, ne peuvent parvenir à l'exercice des arts et métiers qu'en acquérant la maîtrise, à laquelle ils ne sont reçus qu'après des épreuves aussi longues et aussi nuisibles que superflues, et après avoir satisfait à des droits et des exactions multipliées, par lesquelles une partie des fonds dont ils auroient eu besoin pour monter leur commerce ou leur atelier, ou même pour subsister, se trouve consommée en pure perte. » Le roi reconnaît en outre que « l'appas des moyens de finance » tout puissant sur le cœur de Louis XIV, avait seul pu faire tolérer de tels abus et prolonger la durée d'un régime dont ils étaient inséparables ; mais Henri III l'avait reconnu et stigmatisé deux siècles auparavant.

L'édit du 12 mars 1776 arrêta naturellement tous les chefs-d'œuvre alors en cours de confection. Il en existait quelques-uns dans les maisons ou chambres syndicales des communautés, chez les jurés et chez les maîtres de chaque métier ; la plupart furent confisqués par le fait même de la suppression des corporations qui les possédaient ; le reste, passé à l'état de curiosités, fut acquis par les collectionneurs déjà nombreux à cette époque. On les retrouve dans les musées, dans les galeries particulières et à l'étranger, où l'émigration et la révolution les ont conduits. Beaucoup d'ailleurs — ceux des orfèvres et joailllers notamment — parmi lesquels se trouvaient des châsses, des reliquaires, des vases sacrés, des crosses, des mitres, des croix, des chandeliers, des lampes, etc., ont été dépecés et fondus pendant la période révolutionnaire.

Ce qui a trouvé grâce devant le démolisseur et le fondeur, c'est le chef-d'œuvre en bois et en fer, que certaines corporations nouvelles — les compagnons du devoir en

particulier — ont conservé comme un témoignage collectif de l'habileté des ouvriers dont elles se composent. A Paris et dans plusieurs villes de France, on promène, à certaines fêtes patronales, de remarquables pièces de charpente, de menuiserie, de ferronnerie, etc. ; c'est le dernier souvenir du chef-d'œuvre, dégagé de toute fiscalité et considéré comme une preuve triomphale de la dextérité ouvrière.

Mais si le chef-d'œuvre industriel n'a pas survécu à l'édit de 1776, et si l'on n'a jamais proposé de le rétablir soit comme épreuve, soit comme impôt, soit comme moyen d'élimination, l'économiste sincère et l'historien impartial doivent reconnaître qu'il avait « du bon ». En contraignant chaque futur maître de maison à fournir la preuve personnelle de son savoir-faire, on écartait d'emblée les entrepreneurs, les faiseurs, les « monopoleurs », comme disent les vieux textes; on rendait impossible à un ancien notaire, à un ancien avocat, à un capitaliste l achat et l'exploitation d'un atelier ou d'un magasin, ainsi que cela se pratique de nos jours. Sous le régime de la maîtrise à laquelle le chef-d'œuvre seul permettait d'arriver, on n'eut pu, sans une corruption plus éhontée que celle dont parlent les anciens édits, ni devenir, avec un simple apport de fonds, chef d'une importante usine, ni monter l'un de ces bazars modernes où s'absorbent mille industries distinctes, où viennent se confondre tous les genres de travaux. Les actionnaires, dit-on, s'accommodent de ce régime industriel, et le public trouve son profit à cette vaste concentration des anciennes spécialités commerciales ; il y perd moins de temps et y dépense moins d'argent. Nous ne discuterons point cette double assertion : qu'il nous suffise d'affirmer que l'abolition de la maîtrise et du chef-d'œuvre a seule rendu possible ces directions improvisées et cette agglomération des produits du travail.

On nous reprocherait sans doute d'avoir longuement parlé du chef-d'œuvre *industriel*, sans mentionner au moins son frère, le chef-d'œuvre *académique*. Nous n'en citerons que trois espèces, et parmi ce genre de chefs-d'œuvre, il en est un qui, par sa spécialité, tient le milieu entre l'art et le métier : nous voulons parler de la gravure.

Que le lecteur parcoure avec nous la publication officielle qui a pour titre : *Catalogue des planches gravées composant le fonds de la Chalcographie du Louvre;* il y relèvera le nom des maîtres du burin et de la pointe, aux XVII^e^ et XVIII^e^ siècles, ainsi que l'indication de leurs principales œuvres, suivie de cette mention : *Gravé par N.... pour sa réception à l'académie en telle année.* Ces fabricants de chefs-d'œuvre sur cuivre et sur acier se nomment : Audran, Baudet, Carmona, Cars, Cathelin, Chéreau, Cochin, Daullé, Drevet, Duchange, Dupuis, Edelinck, Haas, Joullain, Klauber, de Larmessin, de Launay, Lebas, Lempereur, Levasseur, Miger, Muller, Moitté, Nanteuil, Poilly, Preisler, Schmidt, Simon, les deux Surugue, Tardieu, Thomassin, Trouvain, etc. Leurs pièces de réception forment le fonds de la Chalcographie.

Et les chefs-d'œuvre de peinture pour la réception à l'académie de Saint-Luc? Et les *mai* qui couvraient les murs de la basilique de Notre-Dame de Paris, avant qu'on les transportât au musée du Louvre? Autant de merveilles qui n'eussent peut-être pas vu le jour, si la législation et les mœurs n'avaient obligé les artistes à produire une œuvre remarquable, qui fût la preuve éclatante et comme la consécration publique de leur talent.

Que reste-t-il, à l'heure présente, de l'ancien régime du chef-d'œuvre académique? Le discours de réception à l'académie française. Mais est-ce bien, est-ce toujours un chef-d'œuvre? — L. M. T.

CHÉLIDOINE. *T.° de minér.* Petit caillou presque lenticulaire, poli, de nature siliceuse et appartenant aux agates. On en trouve dans les grottes de Sassenage, près de Grenoble. On donne aussi à cette pierre précieuse le nom de *pierre d'hirondelle.*

I. **CHEMIN.** Voie de terre établie pour aller, pour communiquer d'un lieu à un autre. *Chemin* et *route* sont à peu près synonymes, quoique le second mot indique mieux que le premier une voie ordinairement très fréquentée ; cette distinction est toujours vraie, bien que les *routes*, considérées comme les artères de l'État, n'exercent plus dans les mêmes proportions qu'autrefois, leur influence sur la richesse et le développement du pays; l'immense révolution économique opérée par les *chemins de fer* a cependant laissé subsister la différence qui existe entre la route et le chemin ordinaire. Nous avons à étudier ces diverses voies de communication à plusieurs points de vue : les *routes* qui comprennent les routes nationales et départementales (V. Route), le *chemin vicinal* ou *communal* et les *chemins de fer*. Ces deux questions sont l'objet d'articles spéciaux. || *Chemin de halage.* Espace, que les propriétaires riverains sont tenus de laisser libre le long d'un canal ou d'une rivière navigable, pour le passage des chevaux ou des hommes qui halent les bateaux. (V. Canal, Halage). || *Chemin couvert. T. de fortif.* Sorte de corridor défensif tracé à l'extérieur d'une place forte, au-delà de la contrescarpe du fossé dont il suit les divers alignements. On donne au terre plein du chemin couvert une largeur d'environ 6 mètres à partir de la crête du mur de contrescarpe; le parapet défensif se compose d'une banquette d'infanterie surmontée d'un talus intérieur que l'on garnit en temps de siège d'une palissade; la plongée se raccorde au terrain extérieur par des surfaces, légèrement inclinées, qui forment ce que l'on nomme les *glacis.* || *Chemin des rondes. T. d'archit. mil.* Corridor à ciel ouvert, qui circulait d'une façon continue sur la crête des remparts d'un château fort ou d'une enceinte urbaine. Le chemin des rondes était destiné à permettre aux chefs et aux sentinelles de surveiller de haut tous les points de l'enceinte et de la campagne, afin d'éviter les surprises. || *Chemin de croix.* Suite de quatorze tableaux placés dans une église et qui représentent les divers actes de la passion. — V. § IV. || *T. techn.* Disposition de règles que les ouvriers en bâtiment posent pour faire les moulures ; filet de plâtre suivant lequel ils conduisent leur calibre. || Disposition des coins qui doivent supporter les ardoises, ce que les ardoisiers appellent *faire le chemin.* || Tapis long et étroit, bande de toile cirée, que l'on étend sur les marches des escaliers, dans les vestibules ou les appartements, endroits où l'on passe fréquemment. || Voûte sous laquelle le verrier met son bois pour chauffer le four. || Ouverture par laquelle on extrait la pierre d'une carrière. || Sorte de chantiers à l'aide desquels on décharge les tonneaux des bateaux chargés de vin. || Trace que fait le diamant sur la meule du lapidaire. || *Chemin de roulement.* — V. Barrière.

II. ***CHEMIN.** *T. de fil.* Les chemins, dans le métier à filer la laine, sont des pièces de bois

recouvertes d'une lame de fer, et sur lesquelles sont portées les roues du chariot. Dans un mull jenny de 200 broches, les chemins sont ordinairement au nombre de quatre, dont trois garnis de lames de fer plat, quant au quatrième, placé presque toujours à la tête du chariot, il est muni d'une bande cubique s'engageant dans la gorge carrée de deux des roues du chariot.

Sur huit roues, accouplées deux par deux au moyen de supports doubles, six sont unies, les deux autres sont à gorge carrée; ce sont ces dernières, maintenues par le chemin cubique, qui donnent la direction au chariot et qui, aidées par les cordes de conduite, le maintiennent toujours parallèle au porte-système. — V. Mull Jenny. || *Chemins de fer*. Bandes cubiques en fer, posées le plus ordinairement sur des pièces de bois scellées dans le pavage, servant à supporter les appareils à grande nappe ou crinoline employés aux briseuses et repasseuses des assortiments de cardes. Les pieds de ces appareils sont munis de rouleaux à gorge carrée dans lesquels viennent s'encastrer les bandes cubiques, et servent à faire glisser les crinolines pour reculer ou rapprocher les toiles qui les garnissent du rouleau détacheur. — V. Carde, Cardage, Repasseuse.

III. * **CHEMIN.** *T. de mécan.* On a constamment besoin, en mécanique, de considérer le *chemin* parcouru par un point matériel qui se meut dans l'espace. La plupart des problèmes de mécanique ont pour objet de déterminer, suivant les conditions de l'énoncé, la forme et la longueur de ce *chemin* en fonction du temps. Le chemin peut être rectiligne ou curviligne. Lorsqu'il est rectiligne, sa dérivée première par rapport au temps est la *vitesse*; sa dérivée seconde l'*accélération*, et celle-ci est toujours égale au quotient de la force qui agit sur le point mobile, par la masse de ce point. Ce théorème permet de mettre immédiatement en équation tous les problèmes de mouvement rectiligne.

La vitesse et l'accélération peuvent être, suivant les cas, positives ou négatives; il y aura donc lieu de considérer des chemins négatifs. Par exemple, un corps lancé de bas en haut, s'élèvera jusqu'à une certaine hauteur, puis redescendra, repassera par le point d'où il est parti, et enfin tombera plus bas. Le chemin parcouru par le mobile sera représenté à chaque instant par la distance qui le sépare du point de départ, et pourra être considéré comme positif tant que le mobile sera au-dessus de ce point, et comme négatif dès qu'il sera au-dessous.

Dans le mouvement uniforme, le chemin est proportionnel au temps :

$$e = vt$$

Dans le mouvement uniformément varié, il est donné par la formule :

$$e = v_0 t + \frac{1}{2}\gamma t^2$$

où v désigne la vitesse et γ l'accélération.

Lorsque la force n'a pas une direction constante, ou bien lorsque la vitesse initiale n'a pas la même direction que la force, le chemin est curviligne : c'est le cas le plus général. Pour mettre alors le problème en équation, on rapporte la position du mobile à trois axes rectangulaires Ox, Oy, Oz. Les accroissements infiniment petits dx, dy, dz, positifs ou négatifs des trois coordonnées du mobile ne sont autre chose que les projections du *chemin élémentaire* sur chacun de ces trois axes. On appelle chacun d'eux l'*élément de chemin estimé suivant l'axe correspondant*. Les dérivées premières

$$\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}$$

de ces trois chemins sont les trois composantes de la vitesse et les dérivées secondes

$$\frac{d^2x}{dt^2}, \frac{d^2y}{dt^2}, \frac{d^2z}{dt^2}$$

les composantes de l'accélération. Les produits de celles-ci, par la masse du mobile, doivent être respectivement égales aux composantes correspondantes de la résultante des forces qui agissent sur le mobile; ce qui permet d'écrire les équations différentielles du mouvement :

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = X$$

$$m\frac{d^2y}{dt^2} = Y$$

$$m\frac{d^2z}{dt^2} = Z$$

où m représente la masse du mobile, et X, Y, Z, les trois composantes de la résultante des forces. Si on élimine le temps entre ces trois équations, on trouve les équations différentielles de la courbe décrite par le mobile.

Il est très important d'envisager la *projection du chemin sur la direction même de la force*. Le produit de cette projection par la force elle-même, est ce qu'on nomme le travail de cette force (V. Travail); il est positif ou négatif suivant que le chemin projeté est dirigé dans le sens même ou en sens inverse de la force. Si la force n'est pas constante, il faut déterminer le travail pour chacun des éléments du chemin parcouru. On établit facilement que le travail de la résultante de plusieurs forces est égale à la somme des travaux des composantes, de sorte que le travail élémentaire se réduit à :

$$X\,dx + Y\,dy + Z\,dz$$

et le travail total :

$$\int \left(X\,dx + Y\,dy + Z\,dz\right)$$

IV. **CHEMIN DE CROIX.** Le chemin de croix représente, dans l'Eglise, la route suivie par Jésus-Christ, chargé de sa croix, de Jérusalem au Calvaire.

— Au moyen âge, le chemin de la croix était représenté dans certaines églises par une ligne noire non interrompue tracée sur le sol, s'entremêlant et mesurant exactement le chemin suivi par le Christ, de la maison de Pilate au Golgotha. Les fidèles suivaient ce chemin à genoux.

Vers la fin du xive siècle et en vertu d'une autorisation royale toute spéciale en date de 1398, une confrérie, dont les membres s'intitulaient *confrères de la Passion*, eut le privilège exclusif de représenter au naturel les diverses

scènes du chemin de la croix pendant la semaine sainte. Cet usage, né à Paris, s'étendit peu à peu, et l'Allemagne et les Flandres pratiquèrent cette coutume dont on voit encore les traces dans les cérémonies de certaines villes de ces contrées. On les retrouvait également, il y a quelques années, dans le midi de la France.

Au commencement de notre siècle, l'Église modifia la représentation des scènes de la Passion, et le chemin de croix devint une suite de quatorze tableaux symboliques.

Ces tableaux, d'abord peints, furent depuis demandés à la sculpture ou au moulage. On emploie aujourd'hui le plâtre, le ciment, le carton, la terre glaise cuite ou non, la pierre, le bois, etc.; mais, quelle que soit la matière employée, la croix qui surmonte chaque tableau est toujours faite en bois, en souvenir de celle portée par Jésus, et mobile afin d'éviter à l'évêque de se déplacer pour les bénir. Lors de l'érection d'un chemin de croix, on réunit les quatorze croix, et un ecclésiastique les porte à l'évêché où la bénédiction leur est donnée.

Il y a peu d'années que les pays catholiques ont accepté pour les emblèmes religieux les substances autres que le bois et la pierre; l'Amérique du Sud reste encore réfractaire à l'adoption d'autres substances. Les chemins de croix moulés en bas-relief sont souvent peints, ces peintures s'harmonisent, autant que possible, avec celles de l'Église et son style propre. Leur confection, suivant la matière employée, nécessite la connaissance de tous les procédés de moulage, des moyens les plus convenables pour la matière traitée et du nombre d'objets que l'on désire fabriquer. Quand le moulage est fait en plâtre, ce qui est assez général aujourd'hui, les pièces sont séchées dans une étuve afin de chasser l'excès d'humidité, puis on passe au pinceau trois couches successives d'huile de lin cuite; elles forment un fond imperméable qui permet d'appliquer ensuite la peinture décorative. L'argile malaxée convenablement est aussi employée, mais le plus souvent pour confectionner les modèles qui serviront à faire les moules en plâtre ou même souvent en gélatine, par économie.

Pour les chemins de croix où l'art du peintre doit s'exercer, on emploie les cuivres, le bois et la toile.

— Parmi les chemins de croix célèbres au point de vue de l'art, nous devons citer ceux de la Madeleine et d'Aix-la-Chapelle.

CHEMINS DE FER. Le chemin de fer est, dans la sphère des intérêts économiques, en même temps que l'application de l'électricité aux communications, la conquête la plus considérable de notre temps. Nous aurons, dans le cours de ce travail, à rechercher l'influence qu'il a déjà exercée et qu'il exercera de plus en plus, dans la mesure de l'extension des réseaux, sur le développement de la richesse publique et sur les relations internationales.

Ire PARTIE. — CHEMINS DE FER FRANÇAIS.

CHAP. 1er. HISTORIQUE. Le premier chemin de fer concédé en France est celui de St-Etienne à Andrezieux (1823). Ceux de St-Etienne à Lyon, d'Andrezieux à Roanne et d'Epinal au canal de Bourgogne, autorisés par les ordonnances des 7 juin 1837, 26 août 1828 et avril 1830, n'ont été livrés que plus tard à la circulation. On les appelait *chemins à ornières en fer*, parce que, établis à traction de chevaux, ils n'étaient destinés qu'au transport des marchandises et notamment de la houille, des minerais de fer et des produits sidérurgiques. Ces lignes, à faible parcours, furent concédées à perpétuité.

En 1833, le gouvernement, frappé de la rapidité avec laquelle les pays voisins exécutent leur réseau ferré, fait étudier, par ses ingénieurs, une série de lignes à la fois stratégiques et commerciales, notamment: de Paris à Rouen, au Havre et à Dieppe; de Paris à la frontière belge avec embranchement sur le littoral de la Manche; de Paris à Strasbourg, avec un embranchement sur Metz; de Paris à Tours, Bordeaux et Bayonne; de Paris à Nantes, — et quelques autres lignes de moindre importance.

Tandis que ce réseau est à l'étude, des compagnies, confiantes dans les ressources de l'industrie privée, sollicitent la concession de chemins d'intérêt local ou général qu'elles supposent devoir rémunérer largement le capital employé à leur construction. En 1833, une loi autorise l'établissement d'un chemin destiné à rattacher la ville de Montbrison au système des lignes de la Loire. Une autre loi approuve, la même année, l'adjudication des chemins d'Alais à Nîmes et à Beaucaire. Citons ensuite les concessions suivantes: des carrières du Land Moicher au canal du Loing, dans Seine-et-Marne (O. 16 oct. 1834); de Paris à St-Germain (L. 29 juillet 1835); d'Abscon à Denain (L. du 24 oct. 1835); d'Anzin et de Saint-Vaast à Denain; de la Grande Combe à Alais avec un embranchement (L. 12 mai 1836); de Villers Cotterets au Port aux Perches (O. 6 juin 1836); de Montpellier à Cette (L. 9 juillet 1836); de Paris à Versailles rives droite et gauche (L. même date); de Mulhouse à Thanne (L. 17 juillet 1837); de Bordeaux à la Teste (L. même date); du Creuzot au canal du Centre (O. 26 sept. 1837); de Strasbourg à Bâle (L. 6 mars 1838); de Paris à Orléans et à Corbeil (L. 7 juillet 1838); de Paris à Rouen (L. 15 juillet 1840). Remarquons, en passant, que l'intérêt stratégique reste complètement étranger à ces concessions.

Cet esprit d'initiative hardie, mais peut-être excessive au début, se ralentit sensiblement dès 1839. Bientôt même un découragement marqué se produit dans les rangs des capitalistes qui ont eu le plus de confiance dans l'issue des entreprises dont ils ont été les promoteurs. Les devis largement dépassés, l'insuffisance des capitaux réunis tant en actions qu'en obligations, la lenteur imprévue des travaux, peut-être les sévérités excessives d'un cahier des charges qui impose des dépenses exagérées dans une certaine mesure, tous ces faits ébranlent la confiance dans l'avenir des chemins de fer en France. On voit alors les Compagnies se mettre en instance auprès du gouvernement pour obtenir des subventions, ou des prêts, ou des garanties d'intérêt. Déjà, en 1837, les chambres ont autorisé un prêt de 6 millions à la Compagnie des chemins de fer du Gard. En 1839, elles autorisent (L. du 1er août) une avance de 5 millions à la Compagnie de Versailles (rive gauche). En 1840, une loi du 15 juillet garantit à la Compagnie de Paris à Orléans un minimum d'intérêt de 4 0/0, y compris un amortissement de 1 0/0, sur un capital de 40 millions. En vertu de la même loi, l'Etat fait un prêt de 4 millions à 4 0/0 à la Compagnie d'Andrézieux à Roanne. Une autre loi de même date autorise un prêt de 14 millions à la Compagnie de Paris à Rouen, et un prêt supplémentaire de 4 millions, représentant moitié de la dépense de la traversée de la ville de Rouen, dans l'hypothèse du prolongement sur le Havre. Une loi d'août 1839 autorise en outre l'Administration à modifier les stipulations des cahiers des charges en ce qui concerne les

pentes, les courbes, la largeur et le nombre des voies et les travaux d'art.

En 1842, le découragement s'est aggravé ; les capitaux refusent tout nouveau concours aux entreprises en cours d'exécution ; actions et obligations sont dépréciées et les Compagnies sont menacées d'être obligées d'abandonner les travaux commencés. La situation appelle un remède d'autant plus prompt, que l'Allemagne pousse rapidement son réseau sur le Rhin. Ainsi mis en demeure de prendre les mesures décisives qu'exigent impérieusement les intérêts, fortement menacés, du pays; le gouvernement saisit les chambres d'un projet d'une importance capitale qui est converti en loi le 11 juin 1842.

Cette loi prescrit l'exécution ou par l'Etat seul, ou par les Compagnies avec le concours financier de l'Etat, de neuf grandes lignes, dont sept partant de Paris et dirigées: la première, sur la frontière belge par Lille et Valenciennes; la seconde, sur l'Angleterre par un ou plusieurs points du littoral de la Manche ; la troisième, sur la frontière d'Allemagne par Nancy et Strasbourg ; la quatrième sur la Méditerranée par Lyon, Marseille et Cette; la cinquième sur la frontière d'Espagne par Tours, Poitiers, Angoulême, Bordeaux et Bayonne ; la sixième sur l'Océan par Tours et Nantes ; la septième sur le centre de la France par Bourges. Les deux autres doivent relier la Méditerranée au Rhin par Lyon, Dijon et Mulhouse ; l'Océan à la Méditerranée par Bordeaux, Toulouse et Marseille.

Les conditions financières de l'exécution de ce réseau sont réglées comme suit par la loi de 1842. L'Etat établira la voie, fera les travaux d'art, ainsi que les constructions. Les Compagnies concessionnaires fourniront et poseront les rails, ainsi que le matériel d'exploitation. Mais, tout en consacrant le principe du partage de la dépense entre l'Etat et l'industrie privée, la loi n'exclut pas les autres combinaisons financières, telles que le prêt par l'Etat, la subvention et la garantie d'intérêt. C'est ainsi, par exemple, que le premier chemin voté après la promulgation de la loi de 1842, celui d'Avignon à Marseille, est concédé à l'industrie privée moyennant une subvention de 30 millions. La loi de 1842 autorise en même temps le gouvernement à entreprendre à ses frais un certain nombre de grandes lignes et affecte divers crédits à leur construction. Elle consacre en outre une assez forte somme à la continuation des études. Dans la même année, les chambres votent de nombreuses lois destinées soit à compléter le réseau qu'elles ont décrété, soit à accorder de nouvelles allocations aux lignes déjà classées.

Dans la session de 1844, un crédit total de 309,835,000 fr. est affecté à la construction, par l'Etat ou les Compagnies, d'un certain nombre de lignes nouvelles.

En 1845, est autorisée la concession du chemin de fer de Paris à la Belgique et au littoral de la Manche, ainsi que du chemin de Paris à Lyon. Une loi met à la charge de l'Etat les lignes de Paris à Lille et à Valenciennes, ainsi que de Dijon à Châlons.

En 1846, une loi met à la disposition de l'Etat, pour achever ou commencer les travaux sur certaines lignes, ou à des Compagnies pour subvention, une somme totale de 142,800,000 fr.

En résumé, de 1841 à 1848, il a été concédé ou entrepris par l'Etat un réseau de 22 lignes, ayant une longueur totale de 3,860 kil. De ces 22 lignes, 18 ont été ouvertes à la circulation de 1844 à 1848.

L'impulsion ainsi donnée à la construction des chemins de fer, grâce à la libéralité de l'Etat, devait nécessairement attirer les capitaux étrangers. Et, en effet, dès 1842, les avantages signalés attribués aux entreprises de cette nature par la loi du 11 juin même année ont appelé l'attention de l'Angleterre, récemment remise de la crise industrielle de 1841-42. Avec cette haute et rapide intelligence des grandes affaires qui caractérise les financiers de ce pays, ils ne tardent pas à comprendre tout ce que présente de favorable à la spéculation ou plus exactement à de fructueux placements, une législation qui met les 2/3 de la dépense à la charge de l'Etat, et bientôt les capitaux anglais se présentent sur notre marché. Par une heureuse coïncidence, à la même époque, le chemin de fer d'Orléans déclare un dividende de 6 0/0. La confiance devient aussitôt aussi grande que possible, et, sous cette heureuse influence, l'Etat concède, dans les meilleures conditions, les chemins de Montpellier à Nîmes, d'Orléans à Bordeaux, de Paris sur le centre de la France et jusqu'aux chemins, peu productifs, d'Amiens à Boulogne et de Montereau à Troyes.

La crise financière et commerciale de 1847 devait arrêter ce mouvement. Les actionnaires effrayés ne se libèrent plus qu'avec une extrême lenteur, et les obligations ne trouvant plus de souscripteurs, les travaux sont forcément suspendus ou retardés. La crise politique et économique de 1848 devait produire un effet encore plus désastreux. Une baisse énorme se déclare sur le marché des valeurs en général, des valeurs de chemins de fer surtout, qui ne trouvent plus preneurs qu'à des rabais ruineux pour les souscripteurs. Le mouvement de baisse se précipite à la nouvelle de l'élaboration, par le ministre des finances de l'époque, d'un projet de rachat de tous les chemins de fer par l'Etat, projet coïncidant avec la plus forte atteinte qui ait été portée, depuis longtemps, à la fortune, au crédit de l'Etat. Bientôt la situation s'aggrave à ce point que les chemins de Paris à Orléans, de Bordeaux à la Teste, de Marseille à Avignon, de Paris à Sezanne sont placés sous le sequestre.

D'un autre côté, il se produit des manifestations socialistes, particulièrement menaçantes pour l'industrie des chemins de fer. Les ouvriers, les chauffeurs, les mécaniciens des principales lignes veulent s'en emparer par la force et les exploiter à leur profit. Ce projet ayant été déjoué, les principales gares, dans le voisinage de Paris, sont incendiées. La démoralisation est telle, que les actions du chemin de Paris à Lyon, sur lesquelles il a été versé 250 fr., tombent à 35 fr. L'Etat, obligé de racheter ce chemin, en acquitte le prix au moyen d'une émission de 6,811,223 fr. de rentes 5 0/0, et les actionnaires qui ne peuvent verser ou refusent de verser au trésor les 250 fr. nécessaires pour libérer entièrement leurs titres, ne reçoivent que 7 fr. 60 de rentes représentant, au cours de l'époque, 110 fr. environ.

Malgré cette profonde perturbation, la longueur des chemins ouverts à la circulation était, en 1851, de 3,900 k., dont 383 exploités par l'Etat et celle des lignes concédées à peu près de même étendue. Ce dernier réseau se répartissait entre 27 Compagnies régies par des cahiers de charge différents stipulant des durées de concessions inégales.

La confiance revient de nouveau à la suite du nouveau gouvernement fondé en 1852, qui donne une vigoureuse impulsion à la construction du réseau voté. La première, et une des plus importantes mesures de la nouvelle administration, est le groupement des Compagnies par région et la réduction de leur nombre à six. En même temps elle leur applique un cahier des charges identique, stipule une durée uniforme de 99 ans pour toutes les concessions et introduit, dans les conditions de l'exploitation, une uniformité essentiellement favorable aux intérêts du commerce. Cette réforme peut être considérée comme un des faits les plus saillants de l'histoire des chemins de fer en France.

Dans la période si prospère, si florissante de 1852 à 1857, qui a vu s'accomplir la fusion dont nous venons de parler, plus de 2 milliards sont dépensés pour l'établissement du réseau qui, à la fin de 1857, s'élève, en chemins exploités, en construction ou simplement concédés, à 16,071 kil.

En 1859, toutes les grandes voies sont exploitées, et il est devenu nécessaire d'attaquer le second réseau, ou ré-

seau secondaire, que les populations jusque-là délaissées réclament avec instance. Mais la construction de ce réseau sera probablement très coûteuse et ne donnera qu'un faible revenu ; l'industrie privée ne s'en chargera donc que difficilement. Le gouvernement se décide alors à faire une application nouvelle et plus étendue du principe de la garantie d'intérêt, et dans les conditions suivantes :

Les concessions de chacune des six Compagnies sont divisées en deux sections sous la dénomination *d'ancien* et de *nouveau réseau*. Les lignes principales dont le revenu est connu et ne peut que s'accroître, figureront dans le premier ; les lignes à construire, lignes dont le produit est au moins incertain, et sera, dans tous les cas, inférieur à celui des lignes artérielles, dans le second.

Aucune garantie d'intérêt n'est stipulée pour l'ancien réseau ; quant au nouveau, il jouira, pendant 50 ans, d'une garantie d'intérêt de 4 0/0, avec un amortissement qui la portera à 4 fr. 65 0/0. Cette garantie s'étendra au capital engagé dans la construction, sous déduction des subventions accordées par l'Etat. En même temps, pour tenir compte de la plus-value que les lignes de l'ancien réseau recevront des lignes du nouveau, appelées à devenir leurs affluents, on décide l'établissement d'un compte distinct des produits nets de chacune d'elles, avec cette stipulation que toute la portion des produits nets de l'ancien réseau excédant un revenu moyen kilométrique déterminé pour chacune des six Compagnies, sera appliquée, avec les produits nets du nouveau, à couvrir l'intérêt et l'amortissement garantis par l'Etat.

Il est, en outre, convenu que l'Etat sera remboursé de ses avances, avec les intérêts à 4 0/0 par an, sur les produits nets des lignes auxquelles la garantie est accordée, dès que ces produits nets, accrus de l'excédent des produits de l'ancien réseau, dépasseront le montant de l'intérêt et de l'amortissement garantis.

Enfin, les Compagnies prennent l'engagement de partager avec l'Etat, à partir de 1873, la portion de leur revenu qui dépassera 8 0/0 des dépenses de l'ancien réseau et 6 0/0 des dépenses du nouveau.

Ces conventions sont sanctionnées par la loi du 11 juin 1859, qui, sur les 16,438 kil. concédés à cette époque, en classe 8,582 dans le nouveau réseau. En exécution de cette loi, l'Etat garantit l'intérêt convenu (amortissement compris) à un capital de 3,132,500,000 fr. correspondant à une annuité maxima de 145,661,250 fr. ; mais, en réalité, la charge acceptée par l'Etat ne doit pas dépasser 41 millions par an.

Nous revenons ailleurs à ces arrangements.

Grâce aux conventions de 1859, les Compagnies qui peuvent maintenant émettre leurs obligations à des prix relativement favorables, se livrent avec ardeur à la construction du nouveau réseau et ouvrent, chaque année, à la circulation une moyenne de 700 kil. de voies ferrées.

A la suite de la conclusion des traités de commerce (1860-63), le gouvernement, qui a promis à notre industrie de la mettre en mesure, par l'établissement de voies et moyens de transport à bon marché, de lutter efficacement contre la concurrence étrangère, destinée à devenir plus active, se décide à accélérer la construction des chemins de fer. Dans ce but, il révise, en 1863, le partage des lignes entre le premier et le deuxième réseau et accorde, pour les nouveaux chemins concédés, des subventions représentant en général la somme nécessaire pour l'établissement de l'infrastructure. Ces subventions sont stipulées payables en seize termes semestriels égaux, mais avec la faculté, pour le gouvernement, de les convertir en 88 annuités comprenant l'intérêt et l'amortissement calculés au taux de 4 1/2 0/0. En même temps, la longueur totale des chemins concédés est portée (loi de 1863) à 20,629 kil., dont 11,111 classés dans le deuxième réseau, et le capital garanti est élevé à 3,988,500,000 fr.

De 1863 à 1868, la longueur moyenne des chemins livrés annuellement à l'exploitation s'élève à 850 kil.

En 1868, l'Etat concède à nouveau 898 kil. de chemins à titre définitif et 853 à titre éventuel. Les contrats de 1853 sont modifiés sur quelques points, et on détermine, à peu près telle qu'elle existe aujourd'hui, la classification pour chaque Compagnie des lignes de l'ancien et du nouveau réseau, ainsi que le maximum garanti au deuxième réseau, enfin le revenu kilométrique réservé aux lignes du premier.

En même temps que le gouvernement traite avec les grandes Compagnies pour en obtenir la prompte construction du deuxième réseau, il fait voter par le corps législatif la loi du 12 juillet 1865 qui autorise la concession de chemins de fer départementaux, avec le concours de l'Etat, des communes et des particuliers, en réservant toutefois à l'autorité supérieure la déclaration d'utilité publique, c'est-à-dire le soin de décider, dans chaque cas particulier, du caractère d'intérêt véritablement local de la ligne concédée par le département. Il fallait, en effet, empêcher la création de lignes locales qui, en se soudant les unes aux autres, à travers plusieurs départements, deviendraient des lignes d'intérêt général organisées de manière à faire concurrence au moins à celles du deuxième réseau, à leur enlever une partie de leur trafic et à aggraver ainsi les sacrifices de l'Etat.

Au moment où éclate la révolution du 4 septembre 1870, la longueur totale des concessions comprend 23,143 kil. et celle des lignes livrées à la circulation 16,971 kil., y compris 19 kil. sur le territoire suisse et exploités par des Compagnies françaises. Les six grandes Compagnies possèdent ensemble 16,504 kil., dont 9,444 classés dans l'ancien et 7,060 dans le nouveau réseau. Les 467 autres sont répartis entre un certain nombre de petites Compagnies. Sur les 16,971 kil. en exploitation on en compte 8,840 à double et 8,131 à simple voie. Mais, sur la plupart de ces derniers, l'acquisition des terrains et la construction des ouvrages d'art permettront d'y établir une seconde voie quand le développement du trafic l'exigera. La superficie qu'occupent ces 16,971 kil. n'est pas moindre de 51,241 kil., y compris les gares et les stations, dont le nombre s'élève à 2,350. On y trouve 1,113 grands ponts et viaducs d'une longueur totale de 112 kil. ; 29,351 ponts, ponceaux et aqueducs moins importants, d'une longueur totale de 64 kil., enfin 480 kil. souterrains ou tunnels d'une longueur totale de plus de 210 kil.

A la même époque, le matériel d'exploitation comprend 4,870 locomotives, dont 2,273 pour le transport des voyageurs et 2,597 pour celui des marchandises. Il faut ajouter à ce matériel 11,755 voitures de voyageurs, 4,575 de service et 117,616 vagons de marchandises. Sur les 133,946 véhicules de toute nature, 24,850, ou à peu près le cinquième, sont munis de freins. On peut évaluer à 10,138,500,000 fr. la dépense totale faite ou à faire pour l'exécution de l'ensemble des lignes définitivement concédées depuis l'origine du réseau jusqu'au 1er janvier 1870, date à laquelle elles ont une longueur de 21,987 kilomètres. Le capital de plus de 10 milliards a été réalisé dans les conditions suivantes : 8,127,500,000 fr. ont été fournis par les six grandes Compagnies ; 329 millions par les petites ; 1,638,500,000 fr. par l'Etat ; 43 millions par les départements, les communes et les industries intéressés.

Le prix d'établissement, pris en bloc, est d'environ 461,000 fr. par kilomètre ; sur l'ancien réseau, il s'élève à 510,000 fr. et sur le nouveau, ainsi que sur les lignes appartenant aux petites Compagnies, il descend à 418,800 fr. La différence s'explique par ce fait que, sur les chemins des deux dernières catégories, les lignes à simple voie sont plus nombreuses et que la tolérance a été plus grande relativement aux pentes et au rayon des courbes.

Pendant la guerre de 1870-71, nos chemins de fer ont

subi de graves détériorations auxquelles il n'a pu être remédié qu'au prix de sacrifices considérables. Une des six grandes Compagnies, celle de l'Est, ayant perdu, par suite des cessions de territoires à l'Allemagne, une longueur de 835 kilomètres, il lui est concédé 358 kilomètres de lignes nouvelles, qui sont rattachées à son deuxième réseau, ainsi porté à 2,099 kilomètres, alors que l'ancien a été réduit à 533 kilomètres.

Au 31 décembre 1873, à la suite de diverses concessions de chemins d'intérêt général et local, la longueur totale des lignes concédées, s'élève à 23,560 kilomètres, dont 18,550 en exploitation.

Les années 1874 et 1875 ont vu concéder un assez grand nombre de chemins nouveaux dont l'énumération nous prendrait une trop grande place. Arrivons à la loi du 31 décembre 1875, qui a déclaré d'utilité publique, et à titre d'intérêt général, un réseau de 19 lignes, qui a prescrit l'achèvement des études et la mise à l'instruction de 22 autres lignes et autorisé le gouvernement à entreprendre, aux frais de l'Etat, la construction d'un certain nombre de ces chemins.

Dans les années 1876-77, on constate un temps d'arrêt dans les concessions dites *d'intérêt général*, et on voit l'administration se borner à autoriser, par voie de décret, un assez grand nombre de chemins locaux concédés par les départements.

Nous arrivons à l'une des lois les plus importantes qui aient été votées, depuis longtemps, en matière de chemins de fer, celle du 11 juin 1878, qui a décidé l'administration par l'Etat d'un certain nombre de chemins de fer tombés, les uns en faillite, les autres en liquidation, et, par conséquent, hors d'état de continuer leur exploitation. Ces chemins, objet, pour la plupart, ou de spéculations peu loyales de la part des concessionnaires ou de dépenses hors de toute proportion avec les prévisions raisonnables du trafic, ou enfin construits trop légèrement par des entrepreneurs peu consciencieux et insuffisamment surveillés (par incurie ou toute autre raison), et donnant ainsi lieu à des frais exceptionnels d'entretien — ces chemins, disons-nous, auraient abouti à un désastre complet, sans l'intervention de l'Etat, qui les a rachetés à dire d'experts, sauvegardant ainsi, dans une grande mesure, les intérêts d'actionnaires et d'obligataires trop confiants.

Le rachat a porté sur un réseau de 1,510 kilomètres en exploitation et a coûté 270 millions en nombre rond. Mais tous ces chemins n'étant pas achevés, l'Etat, ou des Compagnies pour le compte de l'Etat, auront à faire des dépenses complémentaires pour une somme évaluée, au moment du vote de la loi, à 234 millions, soit une dépense d'environ 500 millions pour un réseau, quand il sera entièrement ouvert à la circulation, de 2,605 kilomètres.

Le rachat soulevait la grave question — que nous examinons ailleurs — de savoir si l'Etat exploiterait lui-même les lignes dont il allait devenir propriétaire, et, en cas d'affirmative, on craignait que le projet de rachat général de tous les chemins sans exception, tel qu'il avait été conçu par le ministre des finances en 1848, ne revît le jour. Mais le gouvernement de cette époque a formellement nié l'intention de déposséder les Compagnies. Toutefois, il est à regretter qu'au lieu de rétrocéder immédiatement les chemins expropriés à celles des six grandes Compagnies dans le rayon desquelles ils se trouvent, ou de leur en confier l'exploitation, il ait cru devoir constituer, et peut-être à titre définitif, un réseau de l'Etat, exploité aux risques et périls du budget. Ce réseau, qui est une menace constante pour une au moins des six grandes lignes, — dont l'acquisition par l'Etat donnerait à son réseau une valeur qu'il n'aura peut-être jamais autrement, — ce réseau, disons-nous, ne donne, dans son état actuel, que des produits insignifiants, par suite, en partie, de frais d'exploitation, et notamment de frais d'administration, très élevés, le nombre des membres du conseil du réseau, pour en donner une preuve, s'accroissant indéfiniment au profit des créatures des ministères qui s'en vont et de ceux qui les remplacent.

Le dernier fait important à mentionner dans ce court historique de nos chemins de fer est la loi du 17 juillet 1879, relative à un réseau complémentaire d'intérêt général. Cette loi, dont l'exécution doit, d'après les évaluations du ministre des travaux publics de l'époque, entraîner — en y comprenant des travaux de canalisation — une dépense de 8 milliards à réaliser par voie d'emprunts, amène au réseau d'intérêt général 181 chemins nouveaux.

Les deux derniers articles de cette loi, qui grève les finances de l'Etat dans une proportion énorme, sans donner satisfaction à des besoins réels, sont les suivants:

Art. 3. L'exécution des lignes désignées à l'art. 1er aura lieu successivement en tenant compte de l'importance des intérêts militaires et commerciaux engagés, ainsi que du concours qui sera offert par les départements, les communes et les particuliers. — Art. 4. Il sera pourvu aux dépenses nécessitées par l'exécution de la présente loi au moyen de ressources extraordinaires (lisez *emprunts*) inscrites au budget de chaque exercice.

Le projet de loi était précédé d'un exposé de motifs qui peut se résumer comme suit. Les lignes à classer dans le réseau complémentaire, d'après les propositions des commissions régionales instituées par le décret du 2 janvier 1878, comprendront environ 8,700 kilomètres, dont 2,500 empruntés à des chemins d'intérêt local, déjà concédés, exploités ou à construire, et 6,200 kilomètres de lignes entièrement nouvelles, disséminées dans toutes les parties de France sans exclure les régions les plus difficiles et les moins favorisées. Aux 8,700 kilomètres dont le classement est proposé, il convient, pour apprécier l'effort financier demandé au pays, d'ajouter les lignes déjà classées à diverses époques, mais non encore exécutées. Ces lignes forment deux groupes: 1° celles qu'ont énumérées les lois du 3 juillet, du 16 décembre, du 31 décembre 1875, d'un développement total de 2,900 kilomètres, lesquelles ne sont ni construites, ni concédées; 2° diverses lignes comprises dans des lois antérieures et concédées à des Compagnies d'intérêt général, qui les construisent. On peut en évaluer la longueur totale à 5,400 kilomètres. L'ensemble de ces trois groupes est de 17,000 kilomètres qui, ajoutés aux 21,300 kilomètres exploités ou à la veille de l'être et aux 754 kilomètres de chemins d'intérêt local rachetés par l'Etat (loi du 18 mai 1878), donnent un développement total de 39,000 kilomètres de chemins d'intérêt général.

Il nous reste à mentionner la déclaration faite aux deux chambres par le cabinet du 30 janvier dernier (en ce moment démissionnaire) qu'il ne sera fait aucun rachat de chemin de fer, ni emprunt nouveau: c'est l'ajournement à une époque indéterminée de l'exécution de la loi du 17 juillet 1879.

CHAP. II. — LÉGISLATION. (*A.*) CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT GÉNÉRAL. § 1er. *Etude des projets.* Les projets de chemins de fer de cette catégorie, qu'ils émanent du gouvernement ou de l'industrie privée, sont l'objet d'études approfondies et sur les lieux et au ministère des travaux publics. Il a été formé successivement, dans ce ministère, des commissions générales ou spéciales, chargées de donner leur avis au ministre sur toutes les questions que ces projets peuvent soulever. Les commissions générales (en dehors du conseil général des ponts et chaussées qui nous paraît devoir jouer ici le rôle le plus considérable) sont les suivantes :

Comité consultatif des chemins de fer. Il délibère et donne son avis sur toutes les questions qui lui sont soumises relativement à l'établissement et à l'exploitation des chemins de fer, tramways compris. Il est *nécessairement consulté* 1° sur la marche générale des trains; 2° sur l'homologation des tarifs; 3° sur la rédaction et l'interprétation des lois et règlements, des actes de concession et des cahiers

des charges; 4° sur les rapports des Compagnies entre elles et avec les concessionnaires des chemins dits *d'embranchement* et de *prolongement*, sur la fusion des Compagnies et le rachat des concessions, sur les traités passés par les Compagnies et soumis à l'approbation du ministre.

Ce comité peut, avec l'approbation du ministre, *procéder à des enquêtes*. Il appelle dans son sein, à titre consultatif, des représentants des Compagnies, du Commerce et de l'Industrie.

Une seconde commission générale a pour titre *Conseil supérieur des voies de communication*. Ce comité *délibère* sur toutes les questions qui lui sont soumises et notamment sur celles qui intéressent le régime des voies ferrées et navigables, l'ouverture de voies nouvelles de communication, l'agrandissement des ports de commerce, le transit international. Il procède, comme le comité précédent, avec l'assentiment du ministre, à des enquêtes dont les résultats sont publiés.

Les commissions spéciales (si elles existent encore au moment où nous écrivons) sont les suivantes : commission centrale des chemins de fer; commission permanente chargée de l'examen des règlements relatifs aux chemins de fer ; commission de l'examen des comptes de premier établissement des chemins de fer ; commission chargée de donner son avis sur les relations à établir entre les diverses Compagnies de chemins de fer ; commission des inventions ; commission des formules ; commission mixte des travaux publics ; commission militaire supérieure des chemins de fer.

Outre ces diverses commissions, les ingénieurs titulaires des seize inspections générales sont chargés des études de chemins de fer.

§ 2. *Formalités préalables à la concession.* Aux termes de la loi du 3 mai 1841 sur l'expropriation pour cause d'utilité publique « tous les grands travaux publics ne pourront être exécutés qu'en vertu d'une loi rendue après enquête administrative ».

Le projet est soumis, dans les localités intéressées, à une enquête dont nous indiquons plus loin les formes. Les registres d'enquête une fois clos sont adressés, avec les avis des conseils municipaux, à l'administration centrale, qui consulte les commissions supérieures, générales ou spéciales, que nous avons fait connaître. Le projet, ainsi élaboré, est ensuite transmis au conseil général des ponts et chaussées. Si, à la suite de l'avis de ces commissions, le projet est modifié, il est soumis à une enquête supplémentaire ; puis les chambres sont saisies de son examen.

L'instruction se fait à peu près dans les mêmes conditions s'il s'agit d'un projet émané d'un particulier ou d'une Compagnie.

L'enquête s'ouvre ordinairement par un avant-projet qui fait connaître le tracé général de la ligne des travaux, leurs dispositions principales et l'évaluation sommaire des dépenses. S'il s'agit d'un chemin de fer, l'avant-projet est accompagné d'un nivellement en longueur et d'un certain nombre de profils transversaux. A cet avant-projet est joint un mémoire descriptif indiquant le but de l'entreprise et les avantages qu'on peut en attendre. Il est ensuite formé, au chef-lieu de chacun des départements traversés, une commission dont les membres sont choisis parmi les principaux propriétaires ruraux, les négociants, les industriels et armateurs. Les registres destinés à recevoir les observations des intéressés sont ouverts, pendant un mois au moins et quatre mois au plus, aux chefs-lieux des arrondissements traversés.

§ 3. *Adjudication des travaux à la charge de l'Etat.* L'enquête terminée et la loi qui adopte le projet une fois votée, le ministre, quand il s'agit de chemins placés sous le régime de la loi du 11 juin 1842, s'occupe d'adjuger les travaux dont l'Etat est chargé. Cette adjudication a lieu, sur un seul concours, par voie de soumissions cachetées. Nul n'est admis à concourir s'il n'a justifié des qualités requises pour entreprendre et terminer les travaux à faire. Si les prix des soumissionnaires excèdent ceux du projet, il est sursis à l'adjudication et le préfet demande à l'Administration les instructions nécessaires. En cas d'adjudication, ce magistrat fait connaître publiquement le nom de celui au profit duquel elle a eu lieu.

§ 4. *Cahier des charges, part de l'Etat et des Compagnies dans la construction des chemins de fer placés sous le régime de la loi du 11 juin 1842.*

(*a*) *Part de l'Etat.* Aux termes du cahier des charges des chemins placés sous le régime de cette loi, le ministre, au nom de l'Etat, s'engage à livrer à la Compagnie les terrains, les terrassements, les ouvrages d'art, les stations, ateliers et maisons de garde dans les délais et sous les conditions fixés. Les projets des bâtiments, stations et ateliers ne sont arrêtés par le ministre que la Compagnie entendue. La Compagnie est tenue de prendre livraison des terrassements et objets d'art au fur et à mesure qu'ils sont terminés entre deux stations principales.

A dater de son entrée en possession, la Compagnie reste seule chargée de l'entretien de la partie du chemin dont elle a accepté la livraison. Après la prise de possession définitive par la Compagnie de tout ou partie des travaux à la charge de l'Etat, il est dressé, contradictoirement entre l'administration et la dite Compagnie, un état des lieux.

Si l'Etat n'a pas livré les travaux à sa charge dans les délais stipulés, il doit compte à la Compagnie, jusqu'à complète livraison, de l'intérêt à 4 0/0 de la portion de son capital réalisé et engagé dans les parties de chemin non livrées, mais déduction faite des bénéfices qui proviendraient des parties déjà mises en exploitation et qui excèderaient l'intérêt à 5 0/0 des sommes dépensées sur ces parties.

(*b*) *Part de la Compagnie.* De son côté, la Compagnie s'engage : 1° à fournir et à poser, à ses frais, la voie de fer et tous ses accessoires ; 2° à fournir tout le matériel de transport, de chargement et de déchargement nécessaire à l'exploitation ; 3° à établir, à ses frais, les clôtures destinées à séparer le chemin des propriétés riveraines, moins celles en maçonnerie qui peuvent être faites aux gares et stations, et les barrières des passages à niveau, qui sont établies aux frais de l'Etat.

La voie doit être double sur tout le parcours du chemin de fer, et le nombre des voies est augmenté, s'il y a lieu, dans les gares et aux abords de ces gares, conformément aux décisions prises par le ministre, la Compagnie entendue. Le poids des rails doit être de 30 kilos au moins par mètre courant. Les clôtures consistent dans des murs ou des haies, ou des poteaux avec des lisses, ou des fossés, avec levées en terre, ayant au moins un mètre de profondeur à partir de leurs bords relevés et 50 centimètres de largeur au plafond.

La Compagnie s'engage à terminer la pose de la voie de fer sur chacune des sections dont elle a pris livraison dans le délai d'une année à partir de la reconnaissance définitive dont elle a été l'objet ; 2° à fournir un matériel suffisant pour l'exploitation ; 3° à augmenter successivement ce matériel en raison de l'accroissement de la circulation, sur les réquisitions du ministre des travaux publics.

§ 5. *Cahier des charges des chemins construits en dehors de la loi du 11 juin 1842.*

(*a*) *Tracé et construction.* La loi qui autorise la concession détermine tout d'abord la direction de la ligne et les délais de commencement et d'achèvement des travaux. Viennent ensuite les stipulations d'intérêt général ci-après. Aucun travail ne peut être entrepris sans l'autorisation du ministre, qui approuve et peut modifier les projets qui lui sont soumis. Avant, comme pendant l'exécution, la Compagnie propose aux projets approuvés les modifications qu'elle juge utiles. Elle peut prendre

connaissance des plans, nivellements et profils qui auraient été dressés antérieurement aux frais de l'Etat. Le tracé et le profil du chemin sont arrêtés sur la production de projets d'ensemble comprenant, pour la ligne entière ou pour chaque section de la ligne : 1° un plan général à l'échelle de un dix-millième ; 2° un profil en long à l'échelle de un cinq-millième pour les longueurs et de un millième pour les hauteurs, dont les côtés sont portés au niveau moyen de la mer pris pour point de comparaison. Au-dessous de ce profil, on indique, au moyen de trois lignes horizontales disposées à cet effet, savoir : les distances kilométriques du chemin de fer, comptées à partir de son origine ; la longueur ou l'inclinaison de chaque pente ou rampe ; la longueur des parties droites et le développement des parties courbes du tracé, en faisant connaître le rayon correspondant à chacune de ces dernières ; 3° un certain nombre de profils en travers, y compris le profil type de la voie ; 4° un mémoire justificatif de toutes les dispositions essentielles du profil et un devis descriptif reproduisant, sous forme de tableaux, les indications relatives aux déclivités et aux courbes déjà données sur le profil en long.

La position des gares et stations projetées, celle des cours d'eau et des voies de communication traversées par le chemin, des passages soit à niveau, soit en dessus, soit en dessous de la voie ferrée, doivent être indiquées tant sur le plan que sur le profil en long, le tout sans préjudice des projets à fournir pour chacun de ces ouvrages.

La Compagnie est tenue, d'ailleurs, d'établir une deuxième voie soit sur la totalité du chemin, soit sur les parties qui lui seront désignées, lorsque l'insuffisance d'une seule voie, par suite du développement de la circulation, a été constatée par l'administration.

La largeur de la voie entre les bords intérieurs des rails doit être de $1^m,44$ à $1^m,45$. Dans les parties à deux voies, la largeur de l'entrevoie, mesurée entre les bords extérieurs des rails, doit être de deux mètres. La largeur des accotements (parties comprises, de chaque côté, entre le bord supérieur du rail et l'arête supérieure du ballast) est fixée à un mètre au moins. On ménage, au pied de chaque talus du ballast, une banquette de $0^m,50$ de largeur. La Compagnie est tenue d'établir, le long du chemin de fer, les fossés ou rigoles qui sont jugées nécessaires pour l'assèchement de la voie et l'écoulement des eaux. Les alignements sont raccordés entre eux par des courbes dont le rayon ne peut être inférieur à 500 mètres. Une partie droite de 100 mètres au moins de longueur doit être ménagée entre deux courbes consécutives, lorsqu'elles sont dirigées en sens contraire. Le maximum d'inclinaison des pentes et rampes est fixé à 15 millimètres par mètre. Une partie horizontale de 100 mètres au moins doit être ménagée entre deux fortes déclivités consécutives, lorsque ces déclivités se succèdent en sens contraire, et de manière à verser leurs eaux au même point. Les déclivités correspondant aux courbes de faible rayon sont réduites autant que possible. La Compagnie peut proposer, aux dispositions techniques qui précèdent, les modifications qui lui paraissent utiles.

Le nombre, l'étendue et l'emplacement des gares d'évitement sont réglés par l'administration, la Compagnie entendue.

Si le chemin doit passer au-dessus d'une route nationale ou départementale ou d'un chemin vicinal, l'ouverture du viaduc est fixée par l'administration, qui tient compte des circonstances locales ; mais cette ouverture ne peut, dans aucun cas, être inférieure à 8 mètres pour la route nationale, à 7 pour la route départementale, à 5 pour un chemin vicinal de grande communication, à 4 pour un simple chemin vicinal. Pour les viaducs de forme cintrée, la hauteur sous clef à partir du sol de la route sera de 5 mètres au moins. Lorsque le chemin doit passer au-dessous d'une route nationale ou départementale ou d'un chemin vicinal, la largeur entre les parapets du pont qui supportera la route où le chemin sera fixée par l'administration en tenant compte également des circonstances locales. Mais cette largeur ne pourra, en aucun cas, être moindre que dans le cas précédent. Dans le cas où des routes nationales, départementales, des chemins vicinaux, ruraux ou particuliers seraient traversés à leur niveau par le chemin de fer, les rails devront être posés sans aucune saillie ni dépression sur la surface de ces routes et chemins, de telle sorte qu'il n'en résulte aucune gêne pour la circulation des voitures. Le passage à niveau du chemin de fer et des routes ne pourra s'effectuer sous un angle moindre de 45° ; chaque passage à niveau sera muni de barrières ; il y sera en outre établi une maison de garde sur la décision de l'administration.

Les souterrains à établir pour le passage du chemin de fer auront au moins 8 mètres de largeur entre les pieds droits au niveau des rails et 6 mètres de hauteur sous clef au-dessus de la surface des rails. La distance verticale entre l'intrados et le dessus des rails extérieurs de chaque voie ne sera pas inférieure à $4^m,80$. L'ouverture des puits d'aérage et de construction des souterrains sera entourée d'une margelle en maçonnerie de 2 mètres de hauteur. Cette ouverture ne pourra être établie sur aucune voie publique. A la rencontre des cours d'eau flottants ou navigables, la Compagnie sera tenue de prendre toutes les mesures et de payer tous les frais nécessaires pour que le service de la navigation ou du flottage n'éprouve aucune interruption pendant les travaux. A la rencontre des routes nationales ou départementales et autres chemins publics, il sera construit des chemins et ponts provisoires, par les soins et aux frais de la Compagnie, partout où cela sera jugé nécessaire pour que la circulation n'éprouve ni interruption ni gêne. Avant que les communications existantes puissent être interceptées, une reconnaissance sera faite par les ingénieurs de l'Etat à l'effet de constater si les ouvrages provisoires présentent une solidité suffisante et s'ils peuvent assurer le service de la circulation. Un délai sera fixé par l'administration pour l'exécution des travaux définitifs destinés à rétablir les communications.

Tous les terrains nécessaires pour l'exécution des travaux de toute nature seront achetés par la Compagnie concessionnaire. Les indemnités pour occupation temporaire ou pour détérioration de terrains, pour chômage, modification ou destruction d'usines et pour tous dommages quelconques résultant des travaux, seront supportées et payées par la Compagnie.

L'entreprise étant d'utilité publique, la Compagnie est investie, pour l'exécution des travaux dépendant de la concession, de tous les droits que les lois et règlements confèrent à l'administration en matière de travaux publics, soit pour l'acquisition des terrains par voie d'expropriation, soit pour matériaux, etc., etc., et elle demeure en même temps soumise à toutes les obligations qui dérivent pour l'administration de ces lois et règlements. Dans les limites de la zône frontière et dans le rayon de servitude des enceintes fortifiées, la Compagnie sera tenue, pour l'étude et l'exécution de ses projets, de se soumettre à l'accomplissement de toutes les formalités et de toutes les conditions exigées par les lois, décrets et règlements concernant les travaux mixtes.

Si la ligne traverse un sol déjà concédé pour l'exploitation d'une mine, l'administration déterminera les mesures à prendre pour que son établissement ne nuise pas à l'exploitation de la mine, et réciproquement, pour que, le cas échéant, l'exploitation de la mine ne compromette pas l'existence du chemin. Les travaux de consolidation à faire dans l'intérieur de la mine à raison de la traversée du chemin de fer et tous les dommages résultant de cette traversée pour les concessionnaires de la mine seront à la charge de la Compagnie. Si le chemin doit s'étendre sur des terrains renfermant des carrières ou les traverser souterrainement, il ne pourra être livré à la circulation

avant que les excavations qui pourraient en compromettre la solidité aient été remblayées ou consolidées.

Les travaux devront être adjugés par lots et par série de prix, soit avec publicité et concurrence, soit sur soumissions cachetées, entre entrepreneurs agréés d'avance. Toutefois, si le conseil d'administration le juge convenable, il pourra procéder par voie de régie ou de traité direct, mais avec l'approbation des actionnaires. Tout marché général pour l'ensemble du chemin de fer, soit à forfait, soit sur série de prix, est, dans tous les cas, formellement interdit.

A mesure que les travaux seront terminés sur les parties de chemin de fer susceptibles d'être livrées à la circulation, il sera procédé, sur la demande de la Compagnie, à la reconnaissance et, s'il y a lieu, à la réception provisoire de ces travaux par une ou plusieurs commissions désignées par l'administration, qui autorise, sur leur rapport, la mise en exploitation. Ces réceptions partielles ne deviennent définitives que par la réception générale et définitive du chemin de fer. Après l'achèvement des travaux et dans un délai à fixer par l'administration, la Compagnie fera établir, à ses frais, un bornage contradictoire et un plan cadastral du chemin de fer et dépendances. Elle fera dresser, également à ses frais et contradictoirement avec l'administration, un état descriptif de tous les ouvrages d'art qui auront été exécutés, le dit état accompagné d'un atlas contenant les dessins cotés de tous les dits ouvrages. Les terrains acquis par la Compagnie postérieurement au bornage général en vue de satisfaire aux besoins de l'exploitation et qui, par cela même, deviendront partie intégrante du chemin de fer, donneront lieu, au fur et à mesure de leur acquisition, à des bornages supplémentaires et seront ajoutés sur le plan cadastral. Addition sera faite également sur l'atlas de tous les ouvrages d'art exécutés postérieurement à sa rédaction.

(*b*) *Entretien et exploitation.* Le chemin de fer et ses dépendances seront constamment entretenus en bon état, de manière que la circulation soit toujours facile et sûre. Les frais d'entretien et ceux auxquels donneront lieu les réparations ordinaires et extraordinaires seront entièrement à la charge de la Compagnie. Si le chemin de fer, une fois achevé, n'est pas entretenu en bon état, il y sera pourvu d'office, à la diligence de l'administration et aux frais de la Compagnie, sans préjudice, s'il y a lieu, de l'application des dispositions ci-après. Le montant des avances faites sera recouvré au moyen de rôles que le préfet rendra exécutoires. La Compagnie sera tenue d'établir, à ses frais, partout où besoin sera, des gardiens en nombre suffisant pour assurer la sécurité du passage des trains sur la voie et celle de la circulation ordinaire sur tous les points où le chemin de fer sera traversé à niveau par des routes ou chemins.

Toutes les parties du matériel roulant seront de bonne et solide construction et la Compagnie sera tenue de se soumettre, pour la mise en service de ce matériel, à tous les règlements sur la matière. Le même matériel sera constamment entretenu en bon état.

Des règlements d'administration publique détermineront, la Compagnie entendue, les dispositions nécessaires pour assurer la police et l'exploitation du chemin de fer ainsi que la conservation des ouvrages qui en dépendent. Toutes les dépenses qu'entraînera l'exécution de ces règlements seront à la charge de la Compagnie. Elle sera tenue de soumettre à l'approbation de l'administration les règlements relatifs au service et à l'exploitation du chemin de fer. Les règlements d'administration publique à intervenir seront obligatoires, non seulement pour la Compagnie concessionnaire, mais encore pour toutes celles qui obtiendraient ultérieurement l'autorisation d'établir des lignes de chemins de fer, d'embranchement et de prolongement, et, en général, pour toutes les personnes qui emprunteraient l'usage du chemin de fer. Le ministre détermine, sur la proposition de la Compagnie, le minimum et le maximum de vitesse des convois de voyageurs et de marchandises et des convois spéciaux des postes, ainsi que la durée du trajet. Pour tout ce qui concerne l'entretien et les réparations du chemin et de ses dépendances, l'entretien du matériel et le service de l'exploitation, la Compagnie sera soumise à la surveillance et au contrôle ordinaires.

(*c*) *Durée, rachat et déchéance de la concession.* La durée de la concession sera de 75 ans. A l'époque fixée pour son expiration, et par le seul fait de cette expiration, le gouvernement sera subrogé à tous les droits de la Compagnie et il entrera immédiatement en jouissance de tous les produits du chemin. La Compagnie sera obligée de lui remettre en bon état d'entretien le chemin et tous les immeubles qui en dépendent, quelle qu'en soit l'origine, tels que bâtiments des gares et stations, remises, ateliers et dépôts, maisons de gardes, etc. Il en sera de même de tous les objets immobiliers dépendant également dudit chemin, tels que barrières et clôtures, voies, changements de voies, plaques tournantes, réservoirs d'eau, grues hydrauliques, machines fixes, etc.

(d) Tarifs généraux. Pour indemniser la Compagnie des travaux et dépenses que lui impose son cahier des charges, et sous la condition expresse qu'elle en remplira exactement toutes les obligations, le gouvernement lui accorde l'autorisation de percevoir, pendant toute la durée de la concession, les droits réunis de péage et les prix de transport ci-après :

1° Par tête et par kilomètre.

Voyageurs.	Prix		Totaux
	de péage	de transport	
1re classe. . .	0.067	0.033	0.10
2e — . . .	0.050	0.025	0.075
3e — . . .	0.037	0.018	0.055

Les chiens transportés dans les trains de voyageurs payent un droit de péage de 0.010 et de transport de 0.005, *en tout de* 0.015. *Au-dessous de 3 ans, les enfants* ne payent rien à la condition d'être portés sur les genoux des parents ou des nourrices. De 3 à 7 ans, ils payent 1/2 place et ont droit à une place distincte. Toutefois, dans un même compartiment, deux enfants ne peuvent occuper que la place d'un voyageur. Au-dessus de sept ans, les enfants payent place entière.

Petite vitesse. Les gros animaux de race bovine, ovine et mulassière, payent pour péage et transport réunis 0.10 ; les veaux et porcs, 0.04 ; les animaux de race ovine et caprine, 0.02. Transportés à grande vitesse, ces animaux payent le double du tarif.

2° *Par tonne et par kilogramme.* Les excédents de bagages et marchandises de toute classe, les huîtres, poissons frais et denrées transportés à la vitesse des trains de voyageurs payent en tout 0.36.

Pour les marchandises transportées à petite vitesse, la loi distingue quatre catégories : la première, comprenant des produits naturels et fabriqués d'une certaine valeur, est assujettie au tarif de 0.16 ; la 2e, composée surtout de matières de l'industrie et de boissons, au tarif de 0.14 ; la 3e, composée surtout de matériaux de construction et de fonte brute, produits très pondéreux, au tarif de 0.10. Un tarif calculé d'après la distance parcourue, et que, par cette raison, on peut appeler différentiel, est appliqué au transport des marchandises de la 4e catégorie, qui comprend la houille, les amendements et engrais, puis certains matériaux de construction et de réparation des routes (pavés, cailloux, sable.) Les marchandises de cette catégorie payent, pour un parcours de 0 à 100 kilomètres, 0.08 ; pour un parcours de 101 à 300, 0.05 ; pour un parcours de plus de 300 kilomètres, 0.04.

3° *Par pièce et par kilomètre*. Les wagons ou chariots payent, d'après leur capacité, de 0.15 à 0.20 ; les locomotives, selon leur poids, de 3 à 3 fr. 75 ; les tenders, selon leur poids, de 1 fr. 50 à 2 fr. 25 ; les voitures, selon leurs dimensions, de 0.25 à 0.32 ; les voitures de déménagement non chargées, 0.20 ; chargées, elles payent en sus 0.14.

Lorsque, sur la demande des expéditeurs, les voitures doivent être transportées à la vitesse des trains de voyageurs, les prix qui leur sont afférents sont doublés. Dans ce cas, deux personnes peuvent, sans supplément de prix, voyager dans les voitures à une banquette et trois dans les voitures à deux banquettes, omnibus, diligences, etc. Les voyageurs excédant ce nombre payent le prix des places de 2e classe.

4° *Service des pompes funèbres et transport des cercueils*. Une voiture des pompes funèbres, renfermant un ou plusieurs cercueils, paye 0.64 ; un cercueil transporté dans un compartiment isolé 0.30 ; un cercueil transporté par train express dans une voiture spéciale, 1 franc. Ces prix, pour les transports à grande vitesse, ne comprennent pas l'impôt dû à l'État.

Les prix ci-dessus ne sont dus à la Compagnie qu'autant qu'elle effectue elle-même les transports à ses frais et par ses propres moyens. Dans le cas contraire, elle n'a droit qu'au droit de péage qui représente à peu près les deux tiers des deux droits réunis.

Pour les excédents de bagages et marchandises à grande vitesse, les coupures sont ainsi établies : de 0 à 5 kilogrammes ; 2° de plus de 5 jusqu'à 10 kilogrammes ; 3° au-dessus de 10 kilogrammes, par fractions indivisibles de 10 kilogrammes.

Quelle que soit la distance parcourue, le prix d'une expédition quelconque, en grande comme en petite vitesse, ne peut être moindre de 40 centimes.

Dans le cas où l'hectolitre de blé s'élèverait, sur le marché régulateur, à 20 francs ou au-dessus, le gouvernement pourra exiger de la Compagnie que le tarif du transport des céréales et farineux alimentaires ne puisse, péage compris, s'élever, au maximum, qu'à 7 centimes par tonne et par kilomètre (réduction de moitié sur le tarif ordinaire).

Aux termes d'un décret du 14 septembre 1873, qui, quoique rendu pour un cas spécial, nous paraît devoir s'appliquer toutes les fois qu'une Compagnie abaisse ses tarifs sur le transport des céréales et farineux, les Compagnies qui ont pris une mesure de cette nature, soit spontanément, soit sur l'injonction du gouvernement, auront la faculté de les relever dans la limite du maximum autorisé par leur cahier des charges, sans attendre l'expiration du délai légal d'une année. Toutefois, la durée de l'application des tarifs réduits ne pourra être inférieure à trois mois à partir de la date de la réduction. Les Compagnies ne seront astreintes à aucune formalité d'affichage préalable pour l'application des taxes réduites ; mais elles devront prévenir le public par des affiches huit jours d'avance lorsqu'elles voudront les relever, après le délai ci-dessus fixé.

Les animaux, denrées, marchandises, effets et autres objets non désignés dans les tarifs, sont rangés, pour les tarifs à percevoir, dans les classes avec lesquelles ils ont le plus d'analogie, sans que jamais, sauf les exceptions ci-après, aucune marchandise non dénommée puisse être soumise à une taxe supérieure à celle de la première classe du tarif. Les assimilations de classes peuvent être provisoirement réglées par la Compagnie ; mais elles sont soumises immédiatement à l'administration, qui prononce définitivement.

Les tarifs ci-dessus ne sont point applicables à toute masse indivisible pesant plus de 3,000 kilogrammes. Néanmoins, la Compagnie ne peut se refuser à transporter les masses indivisibles de 3,000 à 5,000 kilogrammes ; seulement les tarifs sont augmentés de moitié. La Compagnie ne peut être contrainte à transporter des masses de plus de 5,000 kilogrammes. Si, nonobstant cette disposition, elle consent à les transporter, elle doit, pendant trois mois au moins, accorder les mêmes facilités à tous ceux qui en feront la demande. Dans ce cas, les prix de transport sont fixés par l'administration, sur la proposition de la Compagnie.

Les prix de transport inscrits aux tarifs ne sont point applicables : 1° aux denrées et objets qui n'y sont pas nommément énoncés et qui ne pèseraient pas 200 kilogrammes sous le volume d'un mètre cube ; 2° aux matières inflammables ou explosibles, aux animaux et objets dangereux pour lesquels des règlements de police stipulent des précautions spéciales ; 3° aux animaux dont la valeur déclarée excède 5,000 francs ; 4° à l'or et à l'argent, soit en lingots, soit monnayés ou travaillés, au plaqué d'or et d'argent, au mercure et au platine, ainsi qu'aux bijoux, dentelles, pierres précieuses, objets d'art et autres valeurs et, en général, à tous paquets, colis ou excédents de bagages pesant isolément 40 kilogrammes et au-dessous. Toutefois, les prix déterminés au tarif sont applicables à tous paquets ou colis envoyés par une même personne. Il en est de même pour les excédents de bagages pesant ensemble ou isolément plus de 40 kilogrammes. Le bénéfice de cette disposition, en ce qui concerne les paquets ou colis, ne peut être invoqué par les entrepreneurs de messageries et de roulage et autres intermédiaires de transports, à moins que les articles par eux envoyés ne soient réunis en un seul colis. Dans les cinq cas ci-dessus spécifiés, les prix de transport sont arrêtés annuellement par l'administration, tant pour la grande que pour la petite vitesse, sur la proposition de la Compagnie. En ce qui concerne les paquets ou colis ci-dessus mentionnés, les prix de transport doivent être calculés de telle manière qu'en aucun cas, un de ces paquets ou colis ne puisse payer un prix plus élevé qu'un article de même nature pesant plus de 40 kilogrammes.

La perception des tarifs modifiés ne peut avoir lieu qu'avec l'homologation de l'administration (ordonnance du 15 novembre 1846).

La perception des taxes doit se faire indistinctement et sans aucune faveur. Tout traité particulier qui aurait pour effet d'accorder à un ou plusieurs expéditeurs une réduction sur les tarifs approuvés, demeure formellement interdit. Toutefois, cette disposition n'est pas applicable aux traités qui peuvent intervenir entre le gouvernement et la Compagnie. Dans l'intérêt des services publics, ni aux réductions et remises accordées aux indigents par la Compagnie.

Nous revenons plus loin aux tarifs pour examiner les questions d'intérêt général qui s'y rattachent.

(e) Délais des transports. Le cahier des charges annexé à la loi du 6 juillet 1845 (cahier très peu modifié jusqu'à ce jour) que nous continuons à analyser, a pourvu aux exigences légitimes du commerce en ce qui concerne les délais dans lesquels doivent être opérés les transports. Ses dispositions les plus importantes à ce sujet sont les suivantes :

La Compagnie est tenue d'assurer constamment, avec soin, exactitude et sincérité, et sans tour de faveur, le transport des voyageurs, bestiaux, denrées, marchandises et objets quelconques qui lui sont confiés.

Les colis, bestiaux et objets quelconques doivent être inscrits à la gare de départ et à la gare d'arrivée sur des registres spéciaux, au fur et à mesure de leur réception ; mention est faite, sur le registre de la gare de départ, du prix total dû pour leur transport. Pour les marchandises ayant une même destination, les expéditions doivent avoir lieu suivant l'ordre de leur inscription à la gare de départ. Toute expédition de marchandises est constatée, si l'expéditeur le demande, par une lettre de voiture, dont un exemplaire reste aux mains de la Compagnie et

l'autre aux mains de l'expéditeur. Si l'expéditeur ne demande pas de lettre de voiture, la Compagnie est tenue de lui délivrer un récépissé qui énonce la nature et le poids du colis, le prix total du transport et le délai dans lequel il doit avoir lieu. Les animaux, marchandises et objets quelconques à grande vitesse sont expédiés par le premier train de voyageurs comprenant des voitures de toutes classes et correspondant avec leur destination, pourvu qu'ils aient été présentés à l'enregistrement trois heures avant le départ de ce train. Ils sont mis à la disposition des destinataires dans le délai de deux heures après l'arrivée du même train ; 2° les animaux, denrées, marchandises et objets quelconques à petite vitesse, sont expédiés dans le jour qui suit celui de la remise ; toutefois l'administration supérieure peut étendre ce délai à deux jours. Le maximum de durée du trajet est fixé par l'administration sur la proposition de la Compagnie, sans que ce maximum puisse excéder 24 heures par fraction indivisible de 120 kilomètres. Les colis sont mis à la disposition des destinataires dans le jour qui suit leur arrivée en gare (disposition rarement exécutée). Le délai total résultant des trois cas ci-dessus est seul obligatoire pour la Compagnie. Il pourra être établi un tarif réduit, approuvé par le ministre, pour tout expéditeur qui acceptera des délais plus longs que ceux déterminés ci-dessus pour la petite vitesse.

Pour le transport des marchandises, il pourra être établi, sur la proposition de la Compagnie, un délai moyen entre ceux de la grande et de la petite vitesse. Le prix correspondant à ce délai sera un prix intermédiaire entre ceux de la grande et de la petite vitesse. L'administration déterminera, par des règlements spéciaux, les heures d'ouverture et de fermeture des gares et stations, tant en hiver qu'en été, ainsi que les dispositions relatives aux denrées apportées par les trains de nuit et destinées à l'approvisionnement des marchés des villes.

Lorsque la marchandise doit passer d'une ligne sur une autre sans solution de continuité, les délais de livraison et d'expédition au point de jonction sont fixés par l'administration sur la proposition de la Compagnie. Les frais accessoires non mentionnés dans les tarifs, tels que ceux d'enregistrement, de chargement, de déchargement et de magasinage dans les gares et magasins sont également fixés annuellement par l'administration. La Compagnie est tenue de faire, soit par elle-même, soit par un intermédiaire dont elle répond, le factage et le camionnage pour la remise au domicile des destinataires de toutes les marchandises qui lui sont confiées. Le factage et le camionnage ne sont pas obligatoires en dehors du rayon de l'octroi, non plus que pour les gares qui desserviraient, soit une population agglomérée de moins de 5,000, soit un centre de population de 5,000 habitants situé à plus de 5 kilomètres de la gare du chemin de fer. Les tarifs à percevoir sont fixés par l'administration. Toutefois, les expéditeurs et destinataires restent libres de faire eux-mêmes et à leurs frais, le factage et le camionnage des marchandises. A moins d'une autorisation spéciale de l'administration, il est interdit à la Compagnie de faire, directement ou indirectement, avec des entrepreneurs de transport de voyageurs ou de marchandises par terre ou par eau, sous quelque dénomination ou forme que ce puisse être, des arrangements qui ne seraient pas consentis en faveur de tous les entrepreneurs desservant les mêmes voies de communication. L'administration prescrit les mesures à prendre pour assurer la plus complète égalité entre les diverses entreprises de transport dans leurs rapports avec les chemins de fer.

(*f*) *Stipulations relatives à divers services publics.* Les militaires ou marins voyageant en corps ou isolément pour cause de service, envoyés en congé illimité ou en permission, ou rentrant dans leurs foyers après libération, ne sont assujettis, eux, leurs chevaux et bagages, qu'au quart du tarif fixé par le cahier des charges. Si le gouvernement a besoin de diriger des troupes et un matériel militaire ou naval sur un des points desservis par le chemin de fer, la Compagnie est tenue de mettre immédiatement à sa disposition, pour la moitié du même tarif, tous ses moyens de transport.

Les fonctionnaires ou agents chargés de l'inspection du contrôle et de la surveillance du chemin de fer sont transportés gratuitement dans les voitures de la Compagnie. La même faculté est accordée aux agents des contributions indirectes et des douanes, chargés de la surveillance des chemins de fer dans l'intérêt de la perception de l'impôt, ou service des lettres et dépêches.

(g) Compagnies d'embranchement ou de prolongement. Le titre VI du cahier des charges normal que nous analysons prévoit le cas où le gouvernement ordonnerait ou autoriserait la construction de routes nationales, départementales ou vicinales, de chemins de fer ou de canaux devant traverser la ligne concédée, et dispose que la Compagnie ne pourra s'y opposer. Elle ne pourra pas davantage réclamer une indemnité si le gouvernement autorise ou exécute une route, un canal, un chemin de fer, dans la contrée ou dans le voisinage de la contrée où aura été construit le chemin concédé. Le gouvernement se réserve le droit d'accorder de nouvelles concessions de chemins de fer, s'embranchant sur le chemin auquel s'appliquent les présentes dispositions, ou qui en seraient le prolongement, pourvu qu'il n'en résulte aucun obstacle à l'exploitation de ce chemin, ni aucuns frais pour la Compagnie.

La Compagnie pourra être assujettie, par des décrets ultérieurs relatifs à l'exploitation des chemins de fer de prolongement ou d'embranchement joignant celui qui lui est concédé, à accorder aux Compagnies de ces chemins une réduction de péage ainsi calculée : 1° si le prolongement ou l'embranchement n'a pas plus de 100 kilomètres, 10 0/0 du prix perçu par la Compagnie ; 2° s'il excède 100 kilomètres, 15 0/0 ; 3° s'il excède 200 kilomètres, 20 0/0 ; 4° s'il excède 300 kilomètres, 25 0/0.

La Compagnie devra s'entendre avec tout propriétaire de mines ou d'usines qui, offrant de se soumettre aux conditions ci-après, demanderait un embranchement. A défaut d'accord, le gouvernement statuera. Les embranchements seront construits de manière qu'il n'en résulte aucune entrave pour la circulation générale, aucun préjudice pour la Compagnie, qui aura le droit d'en surveiller l'entretien et de surveiller également le matériel employé sur ces embranchements. Le gouvernement pourra, à toute époque, prescrire des modifications dans la soudure, le tracé ou l'établissement de la voie desdits embranchements et aux frais des propriétaires. Il pourra même, ces derniers entendus, ordonner l'enlèvement temporaire des aiguilles de soudure, dans le cas où les établissements embranchés viendraient à suspendre leurs transports. La Compagnie devra envoyer ses vagons sur tous les embranchements destinés à faire communiquer des mines ou usines avec la ligne principale du chemin de fer ; elle les mènera à l'entrée des embranchements. Les expéditeurs ou destinataires feront, à leurs frais, conduire les vagons dans leurs établissements pour les charger ou décharger et les ramèneront au point de jonction avec la ligne principale. Les vagons ne pourront, d'ailleurs, être employés qu'au transport d'objets et marchandises destinés à la ligne principale. Le temps pendant lequel les vagons séjourneront sur les embranchements, ne pourra excéder six heures, lorsque l'embranchement n'aura pas plus d'un kilomètre. Ce temps sera augmenté d'une demi-heure par kilomètre, en sus du premier, non compris les heures de la nuit, depuis le coucher jusqu'au lever du soleil. Si ces limites étaient dépassées nonobstant l'avertissement spécial donné par la Compagnie, elle pourrait exiger une indemnite égale à la valeur du droit de loyer des vagons, pour chaque période de retard après l'avertissement.

Les propriétaires d'embranchements sont responsables des avaries que le matériel pourrait éprouver pendant son parcours ou son séjour sur les dits embranchements. En cas d'inexécution d'une ou de plusieurs conditions énoncées ci-dessus, le préfet pourra, sur la plainte de la Compagnie et le propriétaire de l'embranchement entendu, ordonner, par un arrêté, la suspension du service et supprimer la soudure, sauf recours à l'administration supérieure et sans préjudice de tous dommages-intérêts au profit de la Compagnie. Pour indemniser cette dernière de la fourniture et de l'envoi de son matériel sur les embranchements, elle est autorisée à percevoir un droit fixe de 0,12 c. par tonne pour le premier kilomètre, et, en outre, de 0,04 c. par tonne et par kilomètre, en sus du premier, lorsque la longueur de l'embranchement excèdera un kilomètre. Le chargement et le déchargement sur les embranchements s'opèreront aux frais des expéditeurs et destinataires, soit qu'ils les fassent eux-mêmes, soit que la Compagnie du chemin de fer consente à les opérer. Dans ce dernier cas, ces frais seront l'objet d'un règlement par l'administration supérieure. Tout vagon envoyé par la Compagnie sur un embranchement devra être payé comme vagon complet, lors même qu'il ne serait pas complètement chargé. La surcharge, s'il y en a, sera payée au prix du tarif légal, au prorata du poids réel. La Compagnie sera en droit de refuser les chargements qui dépasseraient le poids maximum de 3,500 kilos, déterminé en raison des dimensions actuelles des vagons. Les vagons seront pesés à la station d'arrivée par les soins et aux frais de la Compagnie.

(*b*) *Clauses diverses*. La contribution foncière sera établie en raison de la surface des terrains occupés par le chemin de fer et ses dépendances. La cote en sera calculée, comme pour les canaux, conformément à la loi du 25 avril 1803. Les bâtiments et magasins dépendant de l'exploitation seront assimilés aux propriétés bâties de la localité. Toutes les contributions auxquelles ces édifices pourront être soumis seront, aussi bien que la contribution foncière, à la charge de la Compagnie.

Les agents et gardes établis par la Compagnie, soit pour la perception des droits, soit pour la surveillance et la police du chemin de fer et dépendances, pourront être assermentés et seront, dans ce cas, assimilés aux gardes-champêtres. Un règlement d'administration publique déterminera les emplois dont la moitié devra être réservée aux anciens militaires et marins libérés du service. Il sera institué auprès de la Compagnie un ou plusieurs inspecteurs ou commissaires spécialement chargés de surveiller les opérations de la Compagnie pour tout ce qui ne rentre pas dans les attributions des ingénieurs de l'Etat.

Avant la signature du décret de concession, la Compagnie verse au trésor, en numéraire ou en rentes sur l'Etat, bons du trésor ou autres effets publics, un cautionnement de 240,000 fr. restituables par cinquième dans la mesure de l'avancement des travaux, et le dernier cinquième après leur complet achèvement.

La Compagnie doit faire élection de domicile à Paris, et les contestations relatives à l'exécution et à l'interprétation du cahier des charges sont jugées par le conseil de préfecture de la Seine, sauf recours au conseil d'Etat.

§ 6. *Dispositions relatives aux chemins concédés avec une subvention ou une garantie d'intérêt par l'Etat.* Ces dispositions, insérées dans les conventions annexées à la loi de concession, sont habituellement les suivantes. La Compagnie concessionnaire s'engage à exécuter le chemin concédé dans un délai déterminé à partir de l'approbation par l'administration des projets définitifs. Elle doit produire ces projets dans un délai également déterminé à partir de la date de la loi approbative de la convention.

La subvention doit être payée en seize termes semestriels égaux, ou en 79 annuités calculées au taux de 4 1/2 0/0 sur le chiffre de la dite subvention. La convention fixe l'époque du versement du premier terme, ainsi que le délai dans lequel le gouvernement, après avoir opté pour le paiement par annuités, peut renoncer à ce mode de libération.

Si la subvention est payée par annuités, le chiffre de ces annuités est calculé, à partir de la date fixée, sur le montant total des termes semestriels échus et des termes à échoir.

La Compagnie peut être autorisée à n'exécuter les ouvrages d'art que pour une voie sur les chemins où cette disposition est jugée compatible avec les besoins de la circulation et sous les conditions auxquelles l'administration croit devoir subordonner cette autorisation.

Des dispositions spéciales stipulent que la ligne qui est l'objet de la convention fera partie de l'ancien ou du nouveau réseau de la Compagnie concessionnaire et lui appliquent, en ce qui concerne le partage des bénéfices et la garantie d'intérêt, les dispositions des conventions de 1859 qui régissent chacun de ces réseaux. Pour les lignes appelées à faire partie du nouveau, ces mêmes dispositions règlent le maximum du capital auquel l'Etat accordera une garantie d'intérêt, d'après le montant des dépenses prévues.

Les autres dispositions relatives aux chemins de fer qui nous occupent sont inscrites dans le cahier des charges annexé à la convention générale du 11 avril 1857 et modifié par l'art. 6 de celle du 1er mai 1863, sous la réserve des modifications stipulées dans l'art. 11 et dans le premier paragraphe de l'art. 12 de la loi du 23 mars 1874.

§ 7. *Chemins de fer subventionnés par l'Etat qui doivent être l'objet d'une adjudication publique.* Il doit être procédé par les soins du ministère des travaux publics, à leur adjudication par voie de publicité et de concurrence, aux clauses et conditions du cahier des charges annexé aux dites lois. La loi déclarative de l'utilité publique règle le maximum de la subvention à fournir par l'Etat, le rabais de l'adjudication devant porter sur ce maximum. Elle dispose le plus souvent que les subventions fournies par les départements, les communes et les propriétaires intéressés seront versées au trésor et viendront en déduction de la subvention de l'Etat, quelque soit le rabais de l'adjudication. Comme pour les chemins du paragraphe précédent, la subvention doit être payée en seize versements semestriels, sauf le droit du gouvernement de transformer ce payement en trente termes semestriels égaux, la subvention étant déterminée d'après le montant de l'adjudication accru d'un sixième.

La Compagnie doit justifier, avant chaque versement semestriel stipulé, de l'emploi, en achats de terrains ou en travaux et approvisionnements sur place, d'une somme double du montant de ce versement.

La Compagnie ne peut faire aucune émission d'actions qu'avec l'autorisation, après avis de son collègue des finances, du ministre des travaux publics. En aucun cas, elle ne peut émettre d'obligations pour une somme supérieure à la moitié du capital total à réaliser, déduction faite de la subvention. Aucune émission d'obligations ne peut, d'ailleurs, être autorisée avant que la moitié du capital-actions ait été versée ou employée en achat de terrains on en travaux, ou en approvisionnements, ou en dépôt de cautionnement.

Le compte-rendu détaillé des résultats de l'exploitation, comprenant les recettes brutes et les dépenses, doit être adressé, tons les trois mois, au ministre des travaux publics et inséré au *Journal officiel*. Un arrêté ministériel détermine les conditions d'admission à l'adjudication, ainsi que celles de cette adjudication, qui n'est valable qu'après homologation par un décret délibéré en conseil d'Etat.

Les dispositions des cahiers des charges relatifs aux Compagnies venant s'embrancher sur les chemins concé-

dés sans subvention ou garantie d'intérêt sont applicables aux chemins de la catégorie qui nous occupe.

§ 8. *Chemins de fer de l'Etat.* On ignore dans quelles conditions l'Etat exploite son réseau, et notamment s'il applique les cahiers des charges imposés aux Compagnies dont il a racheté les concessions. On sait seulement que, pour se rapprocher le plus possible du mode d'exploitation des Compagnies, il a créé un conseil d'administration composé de membres dont le nombre paraît destiné, comme nous l'avons déjà fait remarquer, à s'accroître indéfiniment au grand préjudice du produit net du réseau. C'est un indice des conditions passablement ruineuses dans lesquelles l'Etat administrerait l'ensemble du réseau, s'il en devenait le propriétaire avant l'expiration des concessions.

§ 9. *Contrôle de l'exploitation des chemins de fer.* Ce contrôle, plusieurs fois modifié dans son organisation, a été définitivement arrêté par une circulaire ministérielle du 15 octobre 1881, et par une instruction détaillée jointe à cette circulaire.

Ce contrôle ne s'applique qu'aux grands réseaux ou chemins d'intérêt général. C'est à ce point de vue que nous donnons ici l'analyse de l'instruction qui en détermine les conditions.

Le contrôle de l'exploitation des chemins de fer est exercé, sous l'autorité du ministre, par les inspecteurs généraux des ponts et chaussées et des mines, qui ont sous leurs ordres : *pour la partie technique du service* 1° des ingénieurs en chef des ponts et chaussées ou des mines; 2° des ingénieurs ordinaires des deux services; 3° des conducteurs des ponts et chaussées et les gardes-mines ; *pour la partie commerciale du service* : 1° des inspecteurs principaux de l'exploitation commerciale ; 2° des inspecteurs particuliers de cette exploitation ; *pour l'ensemble du service:* des commissaires de surveillance administrative relevant des ingénieurs et des inspecteurs particuliers.

CHAP. III. RAPPORTS FINANCIERS ENTRE L'ÉTAT ET LES GRANDES COMPAGNIES. § 1. *Rappel sommaire des conventions de 1859.* Rappelons sommairement (V. HISTORIQUE) que les chemins exploités par les grandes Compagnies sont divisés en deux catégories, comprenant : la première l'*ancien réseau*, formé de lignes assez productives pour que la recette brute puisse non seulement subvenir aux frais d'exploitation et rémunérer le capital dépensé, mais encore donner un revenu qui constitue le bénéfice de l'entreprise; la seconde le *nouveau réseau*, se composant de lignes moins productives et dont les recettes brutes sont présumées ne pas suffire non seulement pour payer l'intérêt du capital engagé, mais même pour couvrir les frais d'exploitation.

Le classement dans l'ancien et le nouveau réseau des lignes appartenant à chaque Compagnie a été opéré de manière à établir une juste compensation entre les bénéfices du premier et les charges du second. L'excédent des bénéfices donnés par l'ancien réseau au delà d'une certaine somme appelée le *revenu réservé* doit, en principe, servir à couvrir l'insuffisance des produits du nouveau réseau. C'est ce qu'on appelle le *déversoir*. Mais, dans la prévision que le déversoir lui-même ne suffirait probablement pas, pendant un certain nombre d'années, à combler le déficit de ce réseau, l'Etat s'est engagé par les conventions de 1879, à garantir, *à titre d'avance*, aux lignes dont il se compose, pendant *50 années*, l'intérêt et l'amortissement à 4,65 0/0 du capital affecté à l'établissement de ces lignes. C'est ce qu'on appelle la *garantie d'intérêt.*

Cette garantie n'est, répétons-le, qu'une avance *portant intérêt* à 4 0/0, que les Compagnies devront rembourser à l'Etat dès que les recettes nettes du nouveau réseau et le produit du déversoir auront dépassé la limite de 4,65 0/0 du capital de premier établissement du nouveau réseau. Comme gage de sa créance l'État a un droit de priorité sur la valeur du matériel des Compagnies à l'expiration des concessions. A cette époque, cette valeur, (actuellement de plus de un milliard) aura probablement doublé.

Voici maintenant dans quelles conditions les conventions dont nous venons de faire connaître le principe ont été appliquées à chaque Compagnie.

Nous avons vu que toute la portion des produits de l'ancien réseau qui excèderait un revenu moyen kilométrique à déterminer, serait consacrée, concurremment avec les produits nets du nouveau réseau, à couvrir l'intérêt et l'amortissement garantis par l'Etat. L'excédent à déverser à l'ancien réseau en atténuation de la garantie d'intérêt a été ainsi calculé : on est convenu d'un revenu à affecter aux actions ; on y a ajouté 5,75 0/0 du capital-obligations afférent à l'ancien réseau et 1,10 0/0 du même capital, afférent au nouveau réseau, pour compenser la différence entre les 4,65 0/0 garantis par l'Etat et les 5,75 0/0 effectivement payés par la Compagnie aux obligataires. Le total de ces trois sommes, divisé par le nombre de kilomètres concédés à l'ancien réseau, a donné le revenu kilométrique réservé à ce réseau.

§ 2. *Calcul du déversoir pour chaque Compagnie. Est.* Le dividende convenu pour chaque action est de 30 fr. Le nombre des actions étant de 184,000, le revenu total qui leur est réservé est de 17,520,000 fr. L'intérêt et l'amortissement des obligations de l'ancien réseau s'élèvent à 1,897,500 fr. ; le complément d'intérêt (1,10 0/0) aux actions du nouveau réseau monte à 9,515,000 fr. ; ce qui porte le revenu réservé à 28,932,500 fr. ou, en chiffres arrondis, à 29,100 fr. par kilomètre, les concessions de l'ancien réseau comprenant 994 kilomètres.

Midi. Le dividende convenu par action est de 35 fr. ; le nombre d'actions de 250,000; le revenu réservé au capital-actions de 8,750,000 fr. ; le service des obligations de l'ancien réseau de 8,550,000 fr. ; celui du nouveau (complément) de 5,016,000 fr. Le total du revenu réservé est ainsi de 22,316,000 fr., soit, en chiffres arrondis, 28,010 fr. par kilomètre, le nombre de kilomètres compris dans l'ancien réseau étant de 798.

Nord. Dividende convenu par action 50 fr. ; nombre d'actions 525,000 ; revenu réservé au capital-actions 26,250,000 fr. ; service des obligations de l'ancien réseau 16,946,875 fr. ; idem du nouveau (complément) 1,700,000 fr. Le total du revenu réservé est ainsi de 44,896,875 fr. soit, en chiffres arrondis, 38,240 fr. par kilomètre pour 1,174 kilomètres compris dans l'ancien réseau.

Orléans. Dividende convenu par action 51 fr. 80; nombre d'actions 600,000 ; revenu ménagé au capital-actions 31,080,000 fr. ; service des obligations de l'ancien réseau 12,305,000 fr., du nouveau (complément) 9,152,000 fr. Total du revenu réservé 52,537,000 fr. ; soit, en chiffres arrondis, 26,000 fr. par kilomètre, l'ancien réseau comprenant 2,050 kilomètres.

Ouest. Dividende convenu par action 35 fr. ; nombre d'actions 300,000 ; revenu ménagé aux actions 9 millions ; service des obligations de l'ancien réseau 15,400,000 fr. ; du nouveau (complément) 7,909,000 fr. Total du revenu réservé 32,309,000 fr. ou 35,900 fr. par kilomètre. en chiffres arrondis, l'ancien réseau comprenant 900 kilomètres.

Lyon. Dividende convenu par action 47 fr. ; nombre d'actions 800,000 ; revenu ménagé aux actions 37,600,000 fr. ; service des obligations de l'ancien réseau 93,997,500 fr. ; du nouveau (complément) 6,930,000 fr. Total du revenu réservé 128,522,500 fr. ; soit, en chiffres arrondis, 31,900 fr. par kilomètre, l'ancien réseau comprenant 4,345 kilomètres.

§ 3. *Nouvelles conventions en 1868-69.* Les conventions dont l'analyse précède sont celles de 1859 ; en 1868-69 il a été stipulé que le revenu réservé total serait augmenté pour l'Est, le Midi et le Lyon de 57,500 fr., par

chaque million dépensé sur l'ancien réseau en travaux complémentaires ; de 55,000 fr. pour le Nord.

Les mêmes conventions (1866-69), pour les lignes dont elles prévoient l'addition à l'ancien réseau posent une règle analogue. Elles stipulent que le revenu réservé sera augmenté de 5,75 0/0 de la dépense de ces lignes pour les Compagnies d'Orléans, de l'Ouest et de Lyon. En outre, pour les Comgagnies d'Orléans et de l'Ouest, le revenu total réservé à l'ancien réseau sera augmenté de 1,10 0/0 de ces dépenses.

Nous avons dit que les avances de l'Etat pour la garantie d'intérêt sont remboursables avec l'intérêt simple de 4 0/0; ajoutons que l'Etat a droit, depuis 1872 (1874 pour le réseau Lyon-Méd.) au partage par moitié des bénéfices, dès que l'ensemble des produits nets des deux réseaux, déduction faite des sommes que l'Etat a pu avancer à titre de garantie d'intérêt, excèdera 8 0/0 du capital effectivement dépensé pour les lignes de l'ancien réseau, 6 0/0 du capital des lignes du nouveau réseau concédées avant 1875, et 6 0/0 pour les lignes soit de l'ancien, soit du nouveau réseau concédées en 1875. Toutefois, trois Compagnies (Nord, Orléans et Ouest) ont, en ce qui concerne l'ancien réseau, le droit de prélever, avant tout partage, un revenu déterminé par kilomètre.

Jusqu'à ce jour les recettes des Compagnies n'ont pas atteint le taux voulu pour le partage dont il vient d'être parlé; mais deux Compagnies, le Nord et Paris-Lyon-Méditerranée, touchent à ce taux et l'auront bientôt atteint.

En exécution des conventions ci-dessus, l'Etat a dû avancer, chaque année, aux Compagnies des sommes plus ou moins fortes, à titre de garantie d'intérêt sur les sommes employées à la construction des lignes secondaires. A la fin de 1880, le total de ces avances atteignait environ 750 millions. Mais, dès 1880, l'accroissement prévu des recettes qui doit mettre les Compagnies en mesure de se libérer vis à vis de l'Etat, ou au moins de se passer de la garantie d'intérêt, a commencé à se produire. Elles ne sont pas encore parvenues à réaliser les excédents nécessaires pour commencer le remboursement de leur dette envers l'Etat; mais les charges du trésor ont sensiblement diminué par suite de l'accroissement des recettes de l'ensemble du réseau ; c'est à peine si, pour l'exercice courant (1882), la garantie d'intérêt fonctionnera pour 5 à 6 millions.

Le Nord et P.-L.-M. n'ont pas recouru à la garantie ; de sorte que, des six grandes Compagnies, quatre seulement sont débitrices de l'Etat: Ouest, Est, Orléans et Midi. Il faut y joindre cependant Paris-Lyon-Méditerranée qui reçoit, pour le tronçon du Rhône au Mont Cenis, une garantie de 4,810,850 fr.

Des quatre Compagnies qui touchent encore la garantie pour leur nouveau réseau, il en est une qui est, dès à présent, en mesure de commencer et a réellement commencé ses remboursements ; c'est le Midi. L'Est et Orléans n'ont rien demandé en 1880 et 1881, et Orléans a même fait des versements au trésor et pourrait, à l'aide d'un emprunt, contracté dans d'excellentes conditions, rembourser la totalité de sa dette envers l'Etat.

L'Ouest est dans une moins bonne situation ; ses lignes sont généralement peu productives. Son ancien réseau, déjà peu favorisé, a été surchargé de lignes encore moins fructueuses. Cette Compagnie qui, à elle seule, absorbait la moitié du total de la garantie, empruntera encore, et pour longtemps peut-être, à l'Etat. Cependant, une amélioration notable s'est aussi produite dans sa situation. De 19 millions dont elle avait besoin en 1879, elle n'en a demandé que 14 en 1880, et, depuis, ce chiffre a dû encore s'abaisser ; de sorte qu'on ne saurait évaluer à plus de 20 millions les avances actuelles de l'Etat. Mais si l'on tient compte des remboursements probables, cette somme se réduit de plus de moitié. Dans une période de 8 à 10 années au plus, l'Etat sera rentré dans la moitié de ses avances et l'autre moitié lui fera très probablement retour dans 12 ou 14 années. Ces ressources arriveront très à propos pour faire face aux charges nouvelles qui, dans un intérêt plus que douteux, s'ajoutent, sans relâche, à notre budget des dépenses.

A cette époque, les actions qui jouissent d'un revenu fixe, participeront aux accroissements de recettes des Compagnies.

Rappelons, pour terminer en ce qui concerne les engagements réciproques des Compagnies et de l'Etat, que la durée des concessions des six grands réseaux est de 99 ans et prendra fin aux dates ci-après :

Pour l'Est, le 26 novembre 1954,
Pour le Midi, le 31 décembre 1960;
Pour le Nord, le 31 décembre 1950;
Pour l'Orléans, le 31 décembre 1956;
Pour l'Ouest, le 31 décembre 1956;
Pour Paris-Lyon-Méditerranée, le 31 décembre 1958;
Pour les chem. Algériens, le 31 décembre 1958;

CHAP. IV. ORGANISATION ADMINISTRATIVE DES CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT GÉNÉRAL. L'organisation administrative des grandes Compagnies est à peu près la même. A la tête des services est placé un directeur, quelquefois un comité de direction (Nord). Ces services sont habituellement divisés en quatre grandes catégories :

1° l'*Administration centrale*, comprenant le secrétariat général, la comptabilité, le service des titres, le contentieux et le domaine ; 2° la *construction*, qui comprend également souvent l'entretien et la surveillance de la voie, rattachés, dans d'autres Compagnies, à la direction de l'exploitation ; 3° la *locomotion*, comprenant le matériel roulant et la traction et formant tantôt un service spécial, tantôt une section du service de l'exploitation ; 4° l'*exploitation* proprement dite, ayant à sa tête un chef de service chargé de centraliser les subdivisions suivantes : service central, chargé de la correspondance; archives ; ordres de service; comptabilité des dépenses et du personnel d'exploitation ; 5° *mouvement*, ou organisation de la marche des trains, itinéraires et leur composition, répartition du matériel, police et personnel des trains ; 6° *inspection*, composée d'*inspecteurs principaux* (ou agents divisionnaires — Ouest), assistés d'inspecteurs et sous-inspecteurs, chargés de tous les détails du service pour une section déterminée du réseau, ayant autorité directe sur le personnel des gares et stations, et chargés de prendre toutes les mesures propres à favoriser le développement du trafic et à assurer la circulation des trains; contrôle des recettes ou centralisation et vérification de toutes les comptabilités des gares et stations, ainsi que des écritures ; service commercial ou préparation des tarifs; réception des plaintes et vœux du public; règlement amiable des réclamations ; statistique ou réunion de tous les renseignements propres à guider le chef de l'exploitation ; le service télégraphique, l'éclairage, le chauffage, le mobilier des stations, l'habillement, les imprimés, le service médical.

CHAP. V. CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL. Les conditions d'exécution de ces chemins avaient d'abord été réglées par la loi du 12 juillet 1865 ; mais cette loi ayant été rapportée par celle du 11 juin 1880, c'est de cette dernière seulement que nous donnerons l'analyse.

§ 1. *Ressources applicables à la construction des chemins de fer d'intérêt local.* Les ressources créées en vertu de la loi du 21 mai 1836 peuvent être appliquées, en partie à la dépense des voies ferrées par les communes qui ont assuré l'exécution de leur réseau vicinal subventionné et l'entretien de tous les chemins classés.

Lors de l'établissement d'un chemin de fer d'intérêt local, l'Etat peut s'engager, en cas d'insuffisance du produit brut pour couvrir les dépenses d'exploitation et 5 0/0 par an du capital de premier établissement, tel qu'il a été prévu par l'acte de concession, augmenté, s'il

y a lieu, des insuffisances constatées pendant la période assignée à la construction par ledit acte, à subvenir pour partie au payement de cette insuffisance, à condition qu'une partie au moins équivalente sera payée par le département ou la commune, avec ou sans le concours des intéressés.

La subvention de l'Etat sera formée: 1° d'une somme fixe de 500 fr. par kilomètre exploité; 2° du quart de la somme nécessaire pour élever la recette brute annuelle (impôts déduits) au chiffre de 10,000 fr. par kilomètre pour les lignes établies de manière à recevoir les véhicules des grands réseaux, de 8,000 fr. pour les lignes qui ne peuvent recevoir ces véhicules. En aucun cas, la subvention de l'Etat ne pourra élever la recette brute audessus de 10,500 fr. et de 8,500 fr., suivant les cas, ni attribuer au capital de premier établissement plus de 5 0/0 par an. La participation de l'Etat sera suspendue quand la recette brute annuelle atteindra les limites ci-dessus fixées.

La subvention de l'Etat ne peut être accordée que dans les limites fixées, chaque année, par la loi de finances. La charge annuelle imposée au trésor en exécution de la présente loi ne peut, en aucun cas, dépasser 400,000 fr. pour l'ensemble des lignes situées dans un même département. Dans le cas où le produit brut de la ligne pour laquelle une subvention a été payée devient suffisant pour couvrir les dépenses d'exploitation et 6 0/0 par an du capital de premier établissement, la moitié du surplus de la recette est partagée entre l'Etat, le département ou, s'il y a lieu, la commune et les autres intéressés, dans la proportion des avances faites par chacun d'eux, jusqu'à concurrence du complet remboursement de ces avances sans intérêt.

Les chemins de fer d'intérêt local qui ont reçu une subvention du trésor peuvent seuls être assujettis envers l'Etat à un service gratuit ou à une réduction du prix des places. Aucune émission d'obligations pour la construction des chemins de fer locaux ne peut avoir lieu qu'en vertu d'une autorisation du ministre des travaux publics, après avis du ministre des finances. Il ne pourra être émis d'obligations pour une somme supérieure au montant du capital-actions, qui sera fixé à la moitié, au moins, de la dépense jugée nécessaire pour le complet établissement et la mise en exploitation de la voie ferrée. Le capital-actions devra être effectivement versé, sans qu'il puisse être tenu compte des actions libérées ou à libérer autrement qu'en argent. Aucune émission d'obligations ne doit être autorisée avant que les 4/5 du capital-actions aient été versés et employés en achat de terrains, approvisionnements sur place ou au dépôt de cautionnement. Toutefois, les concessionnaires pourront être autorisés à émettre des obligations lorsque la totalité du capital-actions aura été versée et s'il est dûment justifié que plus de la moitié de ce capital a été employé dans les conditions dont il vient d'être parlé. Mais les fonds provenant de ces émissions anticipées devront être déposés à la Caisse des dépôts et consignations et ne pourront être mis à la disposition des concessionnaires que sur l'autorisation formelle du ministre des travaux publics.

Toutes les conventions relatives aux concessions et rétrocessions de chemin de fer d'intérêt local, ainsi que les cahiers des charges annexés, ne sont passibles que du droit d'enregistrement fixé de un franc.

Aux termes du règlement d'administration publique du 20 mars 1882, dont nous analysons plus loin les principales dispositions, si la subvention est donnée par le département ou la commune, en capital, en terrain, en travaux ou sous toute autre forme que celle d'annuités, elle est évaluée et transformée en annuités au taux de 4 0/0, l'Etat ne pouvant subvenir pour partie aux insuffisances annuelles qu'à la condition qu'une portion au moins équivalente sera payée par le département ou la commune. La subvention à allouer pour l'année de la mise en exploitation de la ligne sera calculée au prorata du temps écoulé depuis le jour de l'ouverture de la ligne jusqu'au 31 décembre suivant.

Chaque loi ou décret par lequel l'Etat s'engage à subventionner un chemin de fer d'intérêt local fixe le maximum de la charge annuelle qui peut en résulter pour le trésor, de manière que le montant réuni de ces maxima ne dépasse, en aucun cas, la somme de 400,000 fr., fixée pour l'ensemble des lignes situées dans un même département.

§ 2. *Cahier des charges*. Nous nous bornerons à signaler les différences les plus importantes que le cahier des charges des chemins d'intérêt local présente avec celui des chemins d'intérêt général.

Nous trouvons dans un cahier des charges récent les dispositions suivantes. Aux termes de l'art. 7, la largeur des accotements est réduite, de 1 mètre (chemins d'intérêt général) à $0^{m},75$ pour les chemins locaux. Le même article réduit également celle des banquettes à établir aux pieds de chaque talus du ballast. L'art. 8 réduit de 500 à 350 mètres, le minimum du rayon des courbes. L'art. 9 autorise la Compagnie concessionnaire à substituer à des stations de simples *haltes*, à la rencontre des routes et chemins importants, soit pour prendre, soit pour déposer des voyageurs. L'art. 11 réduit de 8 à $4^{m},50$ la largeur entre les parapets lorsque le chemin devra passer au-dessus d'une route nationale ou départementale ou d'un chemin vicinal. Même réduction en ce qui concerne l'ouverture du pont, entre les culées, quand la voie doit passer au-dessous d'une route ou d'un chemin vicinal. L'art. 13 supprime l'obligation pour la Compagnie de soumettre à l'administration les projets-types des barrières à établir à chaque passage à niveau sur les routes nationales et départementales. Il accorde diverses facilités pour la durée de l'ouverture et de la fermeture de ces barrières. L'art. 15 réduit de 8 à $4^{m},50$ la largeur entre les parapets des viaducs à construire à la rencontre des cours d'eau. Il supprime la disposition qui autorise l'administration, si elle le juge utile, à ordonner qu'il sera accoté aux ponts établis par la Compagnie pour le service du chemin de fer, une voie charretière ou une passerelle pour les piétons. L'art. 16 réduit de 8 à $4^{m},50$, entre les pieds droits au niveau des rails, la largeur des souterrains à établir pour le passage du chemin de fer. L'art. 19 réduit, de 35 à 30 kilogrammes, le poids des rails par mètre courant, mais avec cette disposition spéciale que la Compagnie emploiera des rails Vignoles avec éclisses. L'art. 20 supprime les murs dans la nomenclature des clôtures à placer entre la voie et les propriétés riveraines. L'art. 27 rapporte l'interdiction des marchés généraux pour l'établissement de l'ensemble du chemin, soit à forfait, soit sur série de prix. L'art. 32 autorise l'usage de voitures contenant des compartiments de trois classes, ainsi que de voitures mixtes et à deux étages, pourvu qu'elles puissent passer sous tous les gabarits. L'art. 32 soumet la Compagnie aux prescriptions tant des ordonnances, décrets et décisions ministérielles, rendues en exécution de l'art. 21 de la loi du 15 juillet 1845 au sujet de la police des chemins de fer, que des arrêtés préfectoraux pris par application des art. 2 et 4 de la loi du 12 juillet 1865. Cette dernière disposition a été modifiée par l'art. 20 de la loi du 11 juin 1880, aux termes duquel, par dérogation aux dispositions de la loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer, le préfet peut dispenser de poser des clôtures sur tout ou partie de la voie ferrée; il peut également dispenser de poser des barrières au croisement des chemins peu fréquentés.

L'art. 35 du cahier des charges que nous analysons fixe à 99 ans la durée de la concession à partir de la déclaration d'utilité publique. Aux termes de l'art. 36, le département ou la commune, si le chemin a été construit sur

le territoire d'un seul département ou d'une seule commune, les départements ou les communes — s'il a été construit sur le territoire de plusieurs départements ou communes — sont subrogés, à l'expiration de la concession, à tous les droits de la Compagnie. Est supprimé, pour le département ou la commune, le droit accordé à l'Etat de racheter la concession à toute époque, à l'expiration des quinze premières années de l'exploitation. Est maintenue la déchéance de la Compagnie, si elle n'a pas commencé les travaux ou ne les a pas achevés dans les délais fixés.

Les tarifs des chemins d'intérêt local sont plus élevés — au moins d'après le cahier des charges que nous avons sous les yeux et que nous considérons comme type — que ceux des chemins d'intérêt général. Il faut probablement en chercher la cause dans cette circonstance que les localités traversées ne devant fournir qu'un faible trafic, il a été jugé nécessaire d'appliquer à ce trafic des taxes relativement élevées — ce qui ne nous paraît pas le moyen le plus sûr d'augmenter ce trafic. Les voyageurs payent en 1re classe 0 fr. 12 par kilomètre, au lieu de 0 fr. 10 ; 0 fr. 09 en deuxième classe, au lieu de 0 fr. 07 ; et 0 fr. 06 en troisième classe, au lieu de 0 fr. 05.

Le tarif est le même, sur les deux catégories de chemins, pour le transport des animaux de boucherie. Il est plus élevé pour le transport de certains produits alimentaires. Ainsi les huîtres, les poissons, etc., payent 0,40 au lieu de 0,36. Les produits compris dans la première classe payent 0,18 au lieu de 0,16. Les prix sont les mêmes pour ceux de la deuxième et de la troisième classe ; quant aux marchandises de la quatrième classe (grandes lignes), elles sont ici confondues avec celles de la troisième.

En ce qui concerne le transport par pièce et kilomètre, et notamment du matériel roulant, on trouve : pour les vagons et chariots, selon les catégories, 0,18 au lieu de 0,15 ; 0,25 au lieu de 0,20; pour les locomotives, suivant leurs forces, 3 fr. 50 au lieu de 3 fr. ; 4 fr. 40 au lieu de 3 fr. 75 ; — pour les tenders, 1 fr. 75 et 2 fr. 60 au lieu de 1 fr. 50 et 2 fr. 25 ; — pour les voitures de diverses dimensions, les voitures de déménagement chargées et non chargées, 0,30, 0,40, 0,25 et 0,16, au lieu de 0,25, 0,32, 0,20 et 0,14 ; — pour le service des pompes funèbres, par voiture, 0,80 au lieu de 0,64.

Les stipulations relatives aux services publics sont moins rigoureuses sur les chemins d'intérêt local, notamment en ce qui concerne la poste, pour laquelle l'administration, au lieu d'un train journalier et de deux compartiments spéciaux gratuits dans une voiture de deuxième classe, n'exige plus qu'un compartiment gratuit à deux banquettes.

Parmi les *clauses diverses* (titre VI du cahier des charges des chemins des deux catégories), on ne voit plus figurer le droit de l'administration de désigner, la Compagnie entendue, les emplois dont celle-ci devra réserver la moitié aux anciens militaires et marins. On n'y trouve pas davantage la disposition qui institue un ou plusieurs inspecteurs ou commissaires chargés de surveiller les opérations de la Compagnie pour tout ce qui ne rentre pas dans les attributions des ingénieurs de l'Etat. L'art. 65 se borne à disposer que les frais de visite, de surveillance, de réception des travaux et de *contrôle de l'exploitation* seront supportés par la Compagnie et l'oblige à verser, pour assurer le payement de ces frais, à une caisse indiquée par le préfet, une somme annuelle de 60 francs par chaque kilomètre concédé et de 50 francs par kilomètre non encore exploité (120 et 50 francs pour les chemins d'intérêt général). Enfin le cautionnement est réduit de 240,000 francs (grandes lignes) à 100,000 francs.

CHAP. VI. DISPOSITIONS COMMUNES AUX CHEMINS DE FER DES DEUX CATÉGORIES. § 1. *Mesures relatives à la conservation des chemins de fer.* (*a*) *Mesures de grande voirie.* Les chemins de fer font partie de la grande voirie. Par suite, leur sont applicables les lois et les règlements sur la grande voirie qui ont pour objet d'assurer la conservation des talus, levées ou autres ouvrages d'art dépendant des routes et d'interdire, sur toute leur étendue, le pacage des bestiaux, les dépôts de terres et d'autres objets quelconques. Sont applicables aux propriétés riveraines des chemins de fer les servitudes imposées par les lois et règlements sur la grande voirie et qui concernent l'alignement, l'écoulement des eaux, l'occupation temporaire des terrains en cas de réparation, la distance à observer pour les plantations et l'élagage des arbres et plantations, le mode d'exploitation des mines, minières, tourbières, carrières et sablières dans la zône déterminée à cet effet. Sont également applicables à la confection et à l'entretien des chemins de fer les lois et règlements sur l'extraction des matériaux nécessaires pour les travaux publics. Aucune construction autre qu'un mur de clôture ne peut être établie à une distance moindre de deux mètres d'un chemin de fer. Cette distance est mesurée, soit de l'arête inférieure du talus de remblai, soit du bord extérieur des fossés du chemin, et, à défaut, d'une ligne tracée à 1m,50 à partir des rails extérieurs de la voie de fer.

Dans les localités où le chemin de fer se trouve sur remblai de plus de 3 mètres au-dessus du terrain naturel, il est interdit aux riverains de pratiquer, sans autorisation préalable, des excavations dans une zône de largeur égale à la hauteur verticale du remblai mesurée à partir du pied du talus. Cette autorisation ne peut être accordée sans que les concessionnaires ou fermiers de l'exploitation du chemin de fer aient été entendus ou dûment appelés. Il est défendu d'établir, à une distance de moins de 20 mètres d'un chemin de fer desservi par des machines à feu, des couvertures en chaume, des meules de paille, de foin et autres dépôts de matières inflammables. Cette prohibition ne s'étend pas aux dépôts de récoltes faits seulement pour le temps de la moisson.

Dans une distance de moins de 5 mètres d'un chemin de fer, aucun dépôt de pierres ou objets non inflammables ne peut être établi sans l'autorisation préalable du préfet. Cette autorisation sera toujours révocable. L'autorisation n'est pas nécessaire 1° pour former, dans les localités où le chemin de fer est en remblai, les dépôts de matières non inflammables dont la hauteur n'excède pas celle du remblai du chemin ; 2° pour former des dépôts temporaires d'engrais et autres objets nécessaires à la culture des terres.

Lorsque la sûreté publique, la conservation du chemin et la disposition des lieux le permettront, les distances ci-dessus pourront être diminuées en vertu de décrets rendus après enquête.

Les contraventions aux dispositions qui précèdent seront constatées et réprimées comme en matière de grande voirie. Elles seront punies d'une amende de 16 à 300 francs. Les contrevenants seront, en outre, condamnés à supprimer, dans le délai déterminé par le conseil de préfecture, les excavations, couvertures, meules ou dépôts faits contrairement aux dispositions qui précèdent. A défaut par eux de satisfaire à cette condamnation dans le délai fixé, la suppression aura lieu d'office et le montant de la dépense sera recouvré contre eux, par voie de contrainte, comme en matière de contributions publiques (L. 15 juillet 1845, art. 1 à 11).

(*b*) *Des contraventions de voirie commises par les concessionnaires ou fermiers de chemins de fer.* Lorsque le concessionnaire ou le fermier de l'exploitation d'un chemin de fer contreviendra aux clauses du cahier des charges ou aux décisions rendues en exécution de ces clauses en ce qui concerne le service de la navigation, la viabilité des routes nationales, départementales et vicinales ou le libre écoulement des eaux, procès-verbal sera dressé de la contravention, soit par les ingénieurs des ponts et chaussées ou des mines, soit par les conducteurs, gardes-mines et piqueurs dûment assermentés. Les

procès-verbaux, dans les 15 jours de leur date, seront notifiés administrativement au domicile élu par le concessionnaire ou le fermier, à la diligence du préfet, et transmis, dans le même délai, au conseil de préfecture du lieu de la contravention.

Les contraventions ci-dessus seront punies d'une amende de 300 à 3,000 francs. L'administration pourra, d'ailleurs, prendre immédiatement toutes mesures provisoires pour faire cesser le dommage, ainsi qu'il est procédé en matière de grande voirie, et les frais qu'entraînera l'exécution de cette mesure seront recouvrés contre le concessionnaire ou fermier comme en matière de contributions publiques (art. 12 à 15).

§ 2. *Mesures relatives à la sûreté de la circulation sur les chemins de fer.* Quiconque aura volontairement détruit ou dérangé la voie de fer, placé sur la voie un objet faisant obstacle à la circulation, ou employé un moyen quelconque pour entraver la marche des convois, ou les faire sortir du rail, sera puni de la réclusion. S'il y a eu homicide ou blessures, le coupable sera, dans le premier cas, puni de mort et, dans le second, de la peine des travaux forcés à temps. Si le crime a été commis en réunion séditieuse, avec rébellion ou pillage, il sera imputable aux chefs, auteurs, instigateurs et provocateurs de ces réunions, qui seront punis comme coupables du crime et condamnés aux mêmes peines que ceux qui l'auront personnellement commis.

Dans tous les cas, le coupable pourra être mis, par le jugement, sous la surveillance de la haute police pour un temps qui ne pourra être moindre de deux ans, ni excéder cinq ans.

Quiconque, par maladresse, imprudence, inattention, négligence ou inobservation des lois et règlements, aura involontairement causé, sur un chemin de fer, ou dans les gares et stations, un accident suivi de blessures, sera puni de huit à dix mois d'emprisonnement et d'une amende de 50 à 1,000 francs. Si l'accident a causé la mort d'une ou de plusieurs personnes, l'emprisonnement sera de six mois à cinq ans et l'amende de 300 à 3,000 francs.

Sera puni d'un emprisonnement de six mois à deux ans tout mécanicien ou conducteur garde-frein qui aura abandonné son poste pendant la marche du convoi.

Toute contravention aux ordonnances ou décrets portant règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation du chemin de fer, et aux arrêtés pris par les préfets, sous l'approbation du ministre des travaux publics, pour l'exécution desdits règlements, sera punie d'une amende de 16 à 3,000 francs. En cas de récidive dans l'année, l'amende sera portée au double et le tribunal pourra, selon les circonstances, prononcer, en outre, un emprisonnement de trois jours à un mois.

Les concessionnaires ou fermiers d'un chemin de fer sont responsables, soit envers l'Etat, soit envers les particuliers, du dommage causé par les administrateurs, directeurs ou employés à un titre quelconque de l'exploitation du chemin de fer. Les crimes, délits et contraventions dont il a été parlé ci-dessus pourront être constatés par des procès-verbaux dressés concurremment par les officiers de police judiciaire, les ingénieurs des ponts et chaussées et des mines, les conducteurs, gardes-mines, agents de surveillance et gardes nommés ou agréés par l'administration et dûment assermentés. Les procès-verbaux des délits et contraventions feront foi jusqu'à preuve contraire. Au moyen du serment prêté devant le tribunal de première instance de leur domicile, les agents de surveillance de l'administration et des concessionnaires ou fermiers pourront verbaliser sur toute la ligne du chemin de fer auquel ils seront attachés. Les procès-verbaux qui auront été dressés par des agents de surveillance et gardes assermentés, devront être affirmés, dans les trois jours, à peine de nullité, devant le juge de paix ou le maire, soit du lieu du délit ou de la contravention, soit de la résidence de l'agent. Toute attaque, toute résistance avec violence et voies de fait envers les agents des chemins de fer, dans l'exercice de leurs fonctions, sera punie des peines appliquées à la rébellion, suivant les distinctions faites par le code pénal. L'art. 463 de ce code est applicable aux condamnations qui seront prononcées en vertu des dispositions ci-dessus (art. 16 à 26).

Les locomotives sont soumises, comme tous les appareils dans lesquels la vapeur se forme et s'accumule, à des règles spéciales posées par l'ord. du 22 mai 1843. Disons seulement que, plus tard, l'administration a accordé une certaine tolérance en ce qui concerne l'épaisseur des tôles. Ainsi elle a autorisé la mise en usage de locomotives sous des pressions un peu supérieures à celles que leur assignaient l'épaisseur et le diamètre de la chaudière, à la condition de leur faire subir une épreuve correspondante à ces pressions. L'épaisseur des corps cylindriques des chaudières de la locomotive a été réduite d'un tiers pour le même diamètre ou la même pression. De nouvelles tolérances ont encore été admises en ce qui concerne l'épaisseur, quand on emploie des tôles d'acier. — V. CHAUDIÈRES A VAPEUR.

§ 6. *Impôts divers sur le transport des voyageurs et des marchandises.* Une loi du 2 juillet 1838 avait frappé d'un impôt au profit du trésor, dans la proportion du dixième, le prix de la portion des places de voyageurs correspondant au *transport* seulement, à l'exclusion du *péage*. L'impôt ne portait ainsi que sur le tiers du prix total perçu par les Compagnies. Une loi du 14 juillet 1855, motivée par les dépenses extraordinaires qu'entraînait, à cette époque, la guerre d'Orient, disposa qu'à partir du 1er août suivant, le dixième dû à l'Etat serait perçu sur le prix total des places. Aux termes de la même loi (art. 3) il devait, en outre, être perçu, au profit du trésor, un dixième du prix payé aux Compagnies pour le transport à grande vitesse des marchandises et objets de toute nature. Les Compagnies étaient, d'ailleurs, autorisées à élever leurs tarifs du montant de la taxe ainsi établie.

Une autre loi, du 24 mars 1874, avait frappé d'une taxe de 5 0/0 le prix payé aux Compagnies pour le transport, le chargement et le déchargement effectués par leurs soins (et aussi pour les frais de gare et de transmission entre deux réseaux) des marchandises et objets de toute nature expédiés aux conditions des tarifs de la petite vitesse, en les autorisant à élever d'autant lesdits tarifs. Elle avait toutefois exempté du nouvel impôt 1° le transport des marchandises en transit d'une frontière à l'autre; 2° le transport des marchandises expédiées directement à destination d'un pays étranger. Cette loi a été rapportée, à partir du 1er juillet 1878, par l'art. 2 de la loi de finances du 26 mars 1877, portant fixation du budget des recettes de 1878.

Aux termes de l'art. 3 de la même loi, les Compagnies de chemin de fer et autres entreprises de transport par terre et par eau sont tenues de communiquer aux agents des contributions indirectes, tant au siège de l'exploitation que dans les gares, stations, dépôts et succursales, les registres et documents de toute nature concernant le transport d'objets soumis à l'impôt.

L'art. 18 de la loi du 23 août 1871 sur les droits d'enregistrement a créé, au profit du trésor, un droit de 0 fr. 10 sur la décharge destinée à constater la remise des objets destinés à être transportés sur chemins de fer. Une autre loi des 28-29 février 1872 a statué (art. 11) que ce droit serait réuni à la taxe due pour les récépissés et les lettres de voitures. Cette taxe a été fixée ainsi qu'il suit:

Récépissé délivré par les Compagnies de chemins de fer (droit de décharge compris) 0 fr. 35;

Lettre de voiture (droit de décharge compris) 0 fr. 70.

§ 7. *Taxes sur les biens de main-morte possédés par les Compagnies.* La loi du 20 février 1849, qui a établi une taxe sur les biens de main-morte, s'applique aux Compagnies de chemins de fer à raison des terrains

qu'elles possèdent comme propriétaires *en dehors de la voie ferrée et dépendances* de la dite voie (arrêt du conseil d'Etat, 6 janvier 1853, Compagnie du Nord).

Aux termes d'un avis du même conseil, du 11 janvier 1870, l'exemption de la taxe des biens de main-morte s'applique aux chemins de fer d'intérêt local au même titre et dans les mêmes conditions.

CHAP. VII. CHEMINS INDUSTRIELS ET TRAMWAYS § 1. *Chemins industriels.* En dehors des embranchements particuliers dont l'établissement et l'exploitation sont prévus par l'art, 62 du cahier des charges des chemins d'intérêt général, les chemins industriels sont concédés par le gouvernement si la ligne n'a pas une étendue de plus de 20 kilomètres et autorisés par une loi si cette étendue est dépassée.

Ces chemins sont dispensés de l'établissement de clôtures sur tout ou partie de leur longueur et de barrières au croisement des chemins peu fréquentés (art. 20 de la loi du 11 juin 1880). La durée de la concession est de 99 ans, et il est généralement stipulé qu'à l'expiration de la concession, l'Etat entrera en possession du chemin. Le cahier des charges prévoit aussi le plus souvent que l'administration sera libre, quand elle le jugera convenable, d'établir, sur le chemin industriel, un service public de voyageurs et de marchandises.

§ 2. *Tramways.* Aux termes de la loi du 11 juin 1880 (art. 26 à 39), il peut être établi, sur les voies dépendant du domaine public de l'Etat, des départements ou des communes, des tramways ou voies ferrées à traction de chevaux ou à moteurs mécaniques. Ces voies ferrées, ainsi que les déviations accessoires construites en dehors du sol des routes et chemins et classés comme annexes, sont soumises aux dispositions ci-après:

(*a*) *Concession.* La concession est accordée par l'Etat lorsque la ligne doit être etablie, en tout ou partie, sur une voie dépendant du domaine public de l'Etat. Cette concession peut être faite aux villes ou aux départements intéressés, avec faculté de rétrocession.

La concession est accordée par le Conseil général, au nom du département, lorsque la voie ferrée, sans emprunter une route nationale, doit être établie, en tout ou partie, soit sur une route départementale, soit sur un chemin de grande communication ou d'intérêt commun, ou doit s'étendre sur le territoire de plusieurs communes. Si la ligne doit s'étendre sur plusieurs départements, il y aura lieu à l'application des art. 89 et 90 de la loi du 12 août 1871.

La concession est accordée par le Conseil municipal lorsque la voie ferrée est établie entièrement sur le territoire de la commune et sur un chemin vicinal ordinaire ou sur un chemin rural. Le département peut accorder la concession à l'Etat ou à une commune avec faculté de rétrocession; une commune peut agir de même à l'égard de l'Etat ou du département. Aucune concession ne peut être faite qu'après une enquête dans les formes déterminées par un règlement d'administration publique et dans laquelle les conseils généraux des départements et les conseils municipaux des communes dont la voie doit traverser le territoire seront entendus, lorsqu'il ne leur appartiendra pas de statuer sur la concession.

(*b*) *Exécution.* L'utilité publique est déclarée et l'exécution est autorisée par décret délibéré en conseil d'Etat, sur le rapport du ministre des travaux publics, après avis du ministre de l'intérieur. Toute dérogation ou modification apportée aux clauses du cahier des charges type approuvé par le conseil d'Etat, devra être expressément formulée dans les traités passés au sujet de la concession, lesquels seront soumis au conseil d'Etat et annexés au décret. Lorsque, pour l'établissement d'un tramway, il y aura lieu à expropriation, soit pour l'élargissement d'un chemin vicinal, soit pour l'une des déviations dont il a été parlé plus haut, cette expropriation pourra être opérée conformément à l'art. 16 de la loi du 21 mai 1836, sur les chemins vicinaux et à l'art. 2 de la loi du 28 juin 1864. Les projets d'exécution sont approuvés par le ministre des travaux publics, lorsque la concession est accordée par l'Etat. Lorsqu'elle est accordée par un département, le préfet, après avoir pris l'avis de l'ingénieur en chef du département, soumet les projets d'exécution au conseil général, qui statue définitivement. Si elle est accordée par une commune, les projets d'exécution sont soumis au conseil municipal, dont la délibération doit être approuvée par le préfet.

(*c*) *Subvention de l'Etat.* Lors de l'établissement d'un tramway desservi par des locomotives et destiné au transport des marchandises ainsi que des voyageurs, l'Etat peut s'engager, au cas d'insuffisance du produit brut pour couvrir les dépenses d'exploitation et 5 0/0 par an du capital d'exploitation, tel qu'il a été prévu par l'acte de concession et augmenté, s'il y a lieu, des insuffisances constatées pendant la période assignée à la construction par ledit acte, à subvenir, pour partie, au payement de cette insuffisance, à condition qu'une partie au moins équivalente sera payée par le département ou la commune, avec ou sans le concours des intéressés. La subvention de l'Etat sera formée: 1° d'une somme fixe de 500 francs par kilomètre exploité: 2° du quart de la somme nécessaire pour élever la recette brute annuelle (impôts déduits) au chiffre de 6,000 francs par kilomètre. En aucun cas, la subvention de l'Etat ne pourra élever la recette brute au-dessus de 6,500 francs ni attribuer au capital de premier établissement plus de 5 0/0 par an.

La participation de l'Etat sera suspendue de plein droit quand les recettes brutes annuelles atteindront la limite ci-dessus fixée.

(*d*) *Conditions de l'exploitation.* Les taxes perçues dans les limites du maximum fixé par l'acte de concession sont homologuées par le ministre des travaux publics, au cas où la concession est faite par l'Etat, et par le préfet dans les autres cas. Les concessionnaires ne sont pas soumis à l'impôt des prestations établi par l'art. 3 de la loi du 21 mai 1836 sur les chemins vicinaux à raison des voitures et des bêtes de trait exclusivement employées à l'exploitation du tramway.

Les départements ou communes ne peuvent exiger des concessionnaires une redevance ou un droit de stationnement qui n'aurait pas été stipulé expressément dans l'acte de concession.

A l'expiration de la concession, l'administration peut exiger que les voies ferrées qu'elle avait concédées soient supprimées, en tout ou partie, et que les voies publiques et leurs déviations lui soient remises en bon état de viabilité, aux frais du concessionnaire.

La loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer est applicable aux tramways, à l'exception des art. 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10 (clôtures, barrières, etc., etc.). L'autorité qui a fait la concession a toujours le droit: 1° d'autoriser des embranchements sur la ligne concédée; 2° d'accorder à ces entreprises nouvelles, moyennant le payement des droits de péage fixés par le cahier des charges, la faculté de faire circuler leurs voitures sur la ligne concédée; 3° de racheter la concession aux conditions fixées par le cahier des charges; 4° de supprimer ou de modifier une partie du tracé quand la nécessité en aura été reconnue après enquête. — Sont applicables aux tramways: Les art. 7 (droits et obligations des concessionnaires pendant et après l'expiration de la concession, cas de déchéance), 8 (faculté pour le concédant d'accorder des concessions concurrentes), 9 (droits du concédant à l'expiration de la concession), 10 (autorisation nécessaire pour les modifications aux conditions de la concession), 11 (classement facultatif, en vertu d'une loi, dans le domaine de l'Etat de toute voie ferrée), 12 (application à la construction des voies ferrées des ressources créées par la loi du 21 mai 1836), 14 à 19 (conditions de la subvention de l'Etat), 21 (contrôle de l'exploitation), 24 (droit

d'enregistrement à 1 franc des actes de concession et y relatifs) de la partie de la loi du 11 juin 1880 qui concerne les chemins de fer d'intérêt local.

CHAP. VIII. RÉSEAU COLONIAL. § 1. *Réseau algérien.* Le gouvernement a voulu doter le plus promptement possible l'Algérie d'un réseau ferré. Dans ce but, il a fait appel aux capitaux en offrant des garanties d'intérêt assez élevées pour les attirer. Cet encouragement était d'autant plus nécessaire, qu'avec le très faible accroissement de la population européenne en Algérie, et le non moins faible développement de l'industrie dans la colonie, enfin le peu de disposition de la population à utiliser le nouveau moyen de locomotion, il ne fallait s'attendre qu'à un trafic insuffisant pour couvrir même les frais d'exploitation. Toutefois quelques-uns des avantages accordés aux Compagnies qui se sont formées pour la construction du réseau ont paru excessifs et ont semblé constituer de véritables libéralités, dont ces Compagnies n'auraient pas seules profité.

Le réseau algérien se répartit actuellement entre cinq Compagnies ou exploitations, qui sont : 1° la puissante Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, dont le réseau, composé de lignes d'intérêt général (Alger-Oran et Philippeville-Constantine), a une étendue de 513 kilomètres ; 2° l'Est Algérien, dont le réseau, composé d'une ligne d'intérêt général (Constantine-Sétif) et d'une ligne d'intérêt local (Maison Carrée-Ménerville) a une longueur de 198 kilomètres ; 3° l'Ouest-Algérien, concessionnaire de la ligne d'intérêt local (qui vient d'être convertie par une loi en ligne d'intérêt général) de Saint-Barbe-du-Tlélat, d'une longueur de 52 kilomètres ; 5° enfin la Franco-Algérienne (Arzew-Saida-Kralfallah) exploite 214 kilomètres.

L'ensemble du réseau a donc, quant à présent, une longueur totale de 1,420 kilomètres.

La loi la plus récente relative au réseau de la colonie est celle qui a concédé à la Compagnie de l'Ouest-Algérien un chemin de fer d'intérêt général de Sidi-bel-Abbès à Magenta et à Bas-el-Ma, le dit chemin formant le prolongement, jusqu'au fond de la vallée de la Mekarra, de la ligne de Sainte-Barbe-du-Tlélat à Sidi-bel-Abbès, dont elle est déjà concessionnaire. La durée de la nouvelle concession doit prendre fin le 30 novembre 1975.

La Compagnie s'engage à construire la nouvelle ligne dans un délai de deux ans. L'Etat garantit à la Compagnie, pendant la durée de la concession, un intérêt de 4 fr. 85 0/0, amortissement compris, sur le montant réel des dépenses de premier établissement de la nouvelle ligne, mais jusqu'à concurrence seulement d'un chiffre de 17 millions.

La même loi a incorporé dans le réseau d'intérêt général la ligne d'intérêt local de Sainte-Barbe-du-Tlélat à Sidi-bel-Abbès appartenant à la même Compagnie et a garanti à cette ligne, en outre d'un revenu net annuel de 468,500 francs, un intérêt de 4 fr. 85 0/0, amortissement compris, sur la dépense nécessitée par sa transformation en ligne d'intérêt général, sans dépasser toutefois une somme de 1,500,000 francs. Par suite, le revenu net annuel garanti par l'État à la Compagnie de l'Ouest algérien est fixé au maximum : 1° pour la ligne Sainte-Barbe-du-Tlélat à Sidi-bel-Abbès, à la somme de 541,250 francs, soit, par kilomètre, en nombre rond, 10,405 francs ; 2° pour la ligne de Sidi-bel-Abbès à Bas-el-Ma, à la somme de 824,500 francs, soit, par kilomètre, 8,245 francs, sans que ce dernier revenu kilométrique puisse dépasser le chiffre maximum indiqué, alors même que la longueur de la ligne serait inférieure à 100 kilomètres.

Le cahier des charges du chemin de Sidi-bel-Abbès à Bas-el-Ma, le plus récent des documents de cette nature qui s'appliquent au réseau algérien, ne diffère pas notablement de ceux qui régissent le réseau de la mère-patrie. L'art. 1er indique les points généraux du tracé ; l'art. 2 limite la durée de la construction (2 ans et demi) ; l'art. 3 soumet tous les projets de travaux à l'approbation du ministre ; l'art. 6 spécifie que le chemin sera construit à une seule voie ; l'art. 7 arrête la largeur de la voie et des accotements ; l'art. 8 porte à 300 mètres au moins le rayon des courbes et à 18 millimètres par mètre le maximum des pentes ; l'art. 9 remet à l'administration le droit de déterminer le nombre et l'emplacement des gares et stations ; l'art. 10 tolère les croisements à niveau pour toutes les voies de communications publiques ou particulières ; les art. 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 déterminent les dimensions des viaducs au passage au-dessus, et des ponts ou passages au-dessous d'une route ou d'un chemin vicinal, ainsi que les conditions du croisement à niveau des routes et chemins, les dimensions des viaducs à la rencontre des cours d'eau, les mesures à prendre pour ne pas interrompre, pendant les travaux de construction, la navigation et les communications par la voie de terre ; l'art. 19 impose des rails d'acier de 25 kilogrammes et demi au moins par mètre courant ; l'art. 20 exonère, en principe, la Compagnie des clôtures et des haies ; l'art. 21 spécifie des cas dans lesquels l'Etat pourra céder à la Compagnie la jouissance gratuite, pendant la durée de la concession, des terrains nécessaires à la construction du chemin ; l'art. 31 exonère, en principe, la Compagnie de l'obligation d'établir des gardiens de la voie, sauf dans le cas où cette mesure est jugée indispensable ; l'art. 33 confère au gouverneur général le droit de régler par des arrêtés la police, l'exploitation du chemin de fer et la conservation des ouvrages qui en dépendent ; les art. 35 à 40 fixent : (a) la durée de la concession (99 ans), les conditions de la subrogation du gouvernement aux droits de la Compagnie à l'expiration de la concession, la faculté du rachat par le gouvernement, après les quinze premières années de la concession, les cas de déchéance de la Compagnie ; l'art. 41 fixe les tarifs (ce sont ceux des chemins d'intérêt local en France) ; l'art. 62 règle, dans le cas de l'établissement d'une contribution foncière en Algérie, l'assiette de cette taxe pour les terrains et bâtiments occupés par le chemin de fer.

Mentionnons encore la loi de juin 1881, qui a déclaré d'utilité publique, à titre d'intérêt général, et concédé à la Compagnie de Bône-Guelma, l'établissement d'un chemin de fer de Souk-Arrhas à Sidi-el-hemessi, dans les mêmes conditions que celui de Sidi-bel-Abbès à Bas-el-Ma par Magenta. Le chemin de Souk-Arrhas a surtout un intérêt stratégique.

Rappelons qu'à une époque où le gouvernement — que dirigeait alors, comme aujourd'hui, un ancien ingénieur de l'Etat, — faisait adopter, par les chambres, un projet gigantesque de travaux publics dont la dépense était évaluée à plus de neuf milliards, il avait eu garde d'oublier l'Algérie. Une loi du 18 juillet 1879 a, en effet, classé dans le réseau d'intérêt général vingt lignes nouvelles et deux lignes d'intérêt local concédées à cette époque, de Sainte-Barbe-du-Tlélat à Sidi-bel-Abbès et de la Maison-Carrée à Menesville. Nous venons d'analyser la loi qui concerne ces deux lignes. Pour ne rien omettre, citons le décret du 28 décembre 1879 qui a déterminé, en ce qui concerne la garantie du revenu, les formes suivant lesquelles les concessionnaires du chemin de fer de Constantine à Sétif (déclaré d'utilité publique par la loi du 15 décembre 1875), c'est-à-dire la Compagnie des chemins de fer de l'Est-Algérien, sont tenus de justifier, vis à vis de l'Etat, des recettes brutes de l'exploitation. Ces formes sont à peu près celles qui ont été adoptées pour tous les chemins de la métropole auxquels l'Etat a accordé une garantie d'intérêt.

§ 3. *Autres chemins de fer coloniaux.* Les chambres ont également voté la construction d'un chemin de fer de Dakar à Saint-Louis (Sénégal), chemin d'une utilité très douteuse, dont la construction et la conservation rencontreront, dans l'hostilité des indigènes, de sérieux obsta-

cles, dont l'établissement coûtera fort cher et que ne justifie en aucune manière l'importance de la colonie, la plus insalubre et une des moins peuplées de nos rares possessions transatlantiques. De pareilles dépenses constituent, à notre avis, un véritable gaspillage des deniers de l'Etat. Que la métropole favorise l'établissement de chemins de fer dans de grandes et prospères colonies, comme les Indes anglaises, les Indes hollandaises et même les Antilles espagnoles (Cuba, Porto-Rico, etc.), nous le comprenons ; mais des travaux publics aussi dispendieux n'ont aucune raison d'être dans les possessions sans valeur qu'a bien voulu nous laisser l'Angleterre, à la paix de 1815, et qui pèsent déjà lourdement sur les finances d'un pays écrasé d'impôts.

CHAPITRE IX. STATISTIQUE. § 1. *Résultats de l'exploitation sur les lignes d'intérêt général.* Les documents qui suivent porteront, pour les huit périodes quinquennales 1840-79 : (a) sur les longueurs des lignes exploitées; (*b*) sur le produit en argent de ces lignes : (*c*) sur le mouvement des voyageurs et des marchandises; (*d*) sur le prix du transport par kilomètre parcouru.

Longueurs moyennes annuelles exploitées.

Périodes	kilomètres	Rapports au chiffre initial
1840-44	704	1.000
1845-49	1.814	2.577
1850-54	3.819	5.425
1855-59	7.371	10.469
1860-64	11.078	15.736
1865-69	15.192	22.579
1870-74	17.434	24.765
1875-79	20.905	26.965

Si l'on étudie le mouvement par année des longueurs en exploitation, on se rend compte des influences diverses qui ont pu se produire sur le développement du réseau. Voici le tableau des longueurs exploitées dans chacune des années de la période :

Années	kilom.	Années	kilom.	Années	kilom.
1841	566	1855	5.526	1869	16.465
1842	593	1856	6.189	1870	15.541
1843	822	1857	7.442	1871	16.229
1844	824	1858	8.654	1872	17.777
1845	877	1859	9.046	1873	18.540
1846	1.315	1860	9.296	1874	19.082
1847	1.814	1861	9.989	1875	19.764
1848	2.214	1862	11.077	1876	20.034
1849	2.852	1863	12.010	1877	20.534
1850	3.003	1864	13.016	1878	21.435
1851	3.547	1865	13.537	1879	22.760
1852	3.863	1866	14.447	1880	23.578
1853	4.045	1867	15.657	1881	25.273
1854	4.639	1868	15.855		

On voit que c'est à partir de 1851 que le nombre des longueurs construites s'accroit rapidement. Le mouvement se caractérise à partir de 1855 et surtout de 1861. On remarque comme exceptionnel l'accroissement de 1863 à 1864. Le premier maximum est atteint en 1869. L'invasion allemande détruit ou nous fait perdre, par l'annexion de l'Alsace-Lorraine, 1,124 kilomètres de chemin de fer. La perte est presque réparée en 1871 ; le mouvement progressif s'accentue avec une remarquable énergie en 1872, 1873, 1874 ; il se ralentit sensiblement de 1875 à 1876 pour reprendre surtout en 1878 et bien plus sensiblement encore en 1879 et 1881.

On sait qu'au premier réseau des six grandes compagnies comprenant les lignes les plus productives, sont venus s'en joindre un second, puis un troisième composé de chemins à faibles produits. Ces annexes successives ont dû nécessairement diminuer la recette kilométrique. C'est ce que met en lumière le tableau ci-après indiquant, par périodes quinquennales, les recettes et dépenses brutes par kilomètre exploité :

Années	Recettes	Dépenses	Années	Recettes	Dépenses
1841-44	28.489	16.254	1865-69	42.726	20.343
1845-49	35.917	17.944	1370-74	44.191	22.000
1850-54	48.237	16.497	1875-79	42.847	22.174
1855-59	47.916	20.997	1880	43.899	» (1)
1860-64	46.013	21.100	1881	43.899	»

(1) Nous n'avons pas les dépenses pour 1880 et 1881.

Les recettes ont constamment diminué à partir de 1860-61, tandis que les dépenses se sont élevées sans relâche. On voit clairement ici l'influence de l'exploitation du second réseau.

Le rapport des dépenses aux recettes a varié comme suit dans les mêmes périodes :

1841-44.	57.8	pour cent.
1845-49.	50.2	—
1850-54.	43.2	—
1855-59.	43.9	—
1860-64.	46.1	—
1865-69.	46.5	—
1870-74.	47.3	—
1875-79.	52.2	—

Ce rapport, très élevé dans la première période, c'est-à-dire alors que l'organisation du service était récente et que les Compagnies n'avaient pu encore réaliser des économies sur les frais d'exploitation, diminue ensuite dans les deux périodes quinquennales suivantes. Mais l'effet du second réseau vient arrêter le mouvement décroissant, qui fait place à un mouvement contraire à partir de 1860-64. C'est dans l'année 1869 que s'est produit le rapport le plus élevé : 54,8 0/0.

Au début de l'exploitation d'un chemin de fer, c'est-à-dire alors que le service du transport des marchandises n'est pas encore, ou n'est qu'incomplètement organisé, c'est la recette provenant des voyageurs qui forme le produit le plus considérable de la ligne. Plus tard, c'est-à-dire après l'organisation définitive du service des marchandises, c'est le fait contraire qui se produit. La connaissance du tonnage des marchandises est donc un des éléments essentiels de la statistique des chemins de fer. Ce tonnage peut être étudié à divers points de vue. On peut se borner à relever le nombre effectif des tonnes qui ont parcouru la voie pour des destinations plus ou moins éloignées. Mais cette constatation est insuffisante, puisqu'elle fait abstraction du parcours, et qu'elle peut, en outre, donner lieu à des doubles emplois. Il importe donc que chaque tonne soit multipliée par la distance qu'elle a parcourue. C'est ce qu'on appelle le *tonnage kilométrique.* Enfin, ce tonnage kilométrique doit être divisé par la longueur totale de la ligne que l'on considère pour fournir le *tonnage kilométrique moyen*, terme qui mesure exactement l'intensité du courant de chaque ligne.

Mais il convient de signaler tout d'abord le mouvement du transport des voyageurs :

Quand on étudie le mouvement des voyageurs à toute distance, année par année, on remarque que, sauf dans les années de guerre 1870-71, ce mouvement est constamment progressif, par suite de l'accroissement de leur nombre d'abord, à longueur égale du réseau, puis en

raison du développement de ce réseau. Le maximum tombe en 1878, année de l'Exposition (152,806,132 voyageurs).

Années	Voyageurs sans distinction de distances	Voyageurs transportés à un kilomètre	Voyageurs kilomètr. moyens	Parcours moyen d'un voyageur
1841 44	7.019.493	162.700.000	229.147	23.4
1845-49	13.757.379	393.480.000	227.900	28.8
1850-54	22.410.030	1.017.739.860	263.373	44.6
1855-59	41.726.812	2.094.569.537	287.639	50.2
1860-64	65.664.653	2.845.203.241	258.142	43.3
1865-69	96.794.291	3.788.020.466	248.796	39.1
1870-74	111.226.674	4.388.178.775	252.238	39.5
1875-79	142.261.719	5.130.957.855	245.534	45.9

Le développement du parcours moyen par voyageur s'explique par l'extension progressive du réseau.

Le produit moyen d'un voyageur par kilomètre parcouru a diminué à peu près constamment.

1841-44. . . .	6.7 p. cent.	1860-64. . . .	5.6 p. cent.
1845-49. . . .	6.7 —	1865-69. . . .	5.4 —
1850-54. . . .	6.3 —	1870-74. . . .	5.1 —
1855-59. . . .	5.7 —	1875-79. . . .	5.3 —

Cette diminution résulte d'un abaissement des tarifs sous la forme de billets d'aller et retour et de trains de plaisir, d'abonnements, etc., etc. .

Le mouvement du transport des marchandises est indiqué par le tableau ci-après :

Ce tableau, rapproché de celui du mouvement des voyageurs, indique que l'accroissement du transport des marchandises a été beaucoup plus rapide que celui des

Années	Tonnes sans distinction de distance	Tonnes transportées à 1 kilomètre	Tonnage kilométr. moyen	Parcours moyen d'une tonne kil.
1840-44	1.502.223	57.750.000	81.471	38.5
1845-49	2.953.969	175.600.000	100.897	59.5
1850-54	6.062.647	638.096.068	159.696	105.3
1855-59	15.194.036	2.128.930.422	288.376	140.1
1860-64	27.461.274	3.901.035.750	355.477	142.1
1865-69	39.252.612	5.885.440.404	387.541	150.0
1870-74	43.486.592	6.873.738.727	409.847	141.8
1875-79	62.889.597	8.409.155.976	404.671	133.7

voyageurs. Tandis que, par rapport à la période initiale, on a compté vingt fois plus de voyageurs dans la dernière, le tonnage absolu des marchandises transportées a été quarante fois plus grand.

On remarque, en outre, que, par suite des difficultés que rencontre toujours, au début, l'organisation du service des marchandises sur un chemin de fer, l'accroissement du nombre des voyageurs est d'abord plus rapide. Mais le tableau ci-dessus indique que, dès la quatrième période, le tonnage kilométrique des marchandises a commencé à dépasser le mouvement analogue des voyageurs, autant au point de vue du tonnage effectif que du parcours.

On remarquera, en outre, qu'alors que le parcours moyen d'un voyageur ne s'est accru, pendant la période entière, que de 12 kil. 1/2, celui d'une tonne de marchandises s'est accru de plus de 95 kilomètres.

De là les différences ci-après dans l'intensité de leur mouvement respectif :

	1840-44	1845-49	1850-54	1855-59	1860-64	1865-69	1870-74	1875-79
Voyageurs.	23	23	26	29	26	25	25	24.5
Marchandises . . .	8	10	16	29	35	39	41	40.4

Le nombre des voyageurs, ramené au total du parcours, n'a que très peu varié; tandis que l'intensité kilométrique sur le parcours entier du tonnage des marchandises a varié, de la première à la huitième période, de 8 à 40, ce qui veut dire qu'elle a quintuplé.

Aucun document ne pouvait mieux signaler le rôle de plus en plus prépondérant des marchandises dans l'ensemble des transports d'un chemin de fer.

L'ouverture d'un assez grand nombre de lignes de faible longueur dans les deux dernières périodes quinquennales explique la diminution, pendant ces périodes, du parcours moyen d'une tonne.

La différence dans la proportion d'accroissement du transport des voyageurs et des marchandises peut aussi s'expliquer par un abaissement plus sensible des tarifs appliqués aux marchandises, comme l'indique le tableau comparatif ci-après :

Années	Produit moyen par kilomètre parcouru	
	d'un voyageur	d'une tonne
1841-44	6.7 cent.	11.2 cent.
1845-49	6.7 —	10.7 —
1850-54	6.3 —	8.8 —
1855-59	5.7 —	7.4 —
1860-64	5.6 —	6.6 —
1865-69	5.4 —	6.1 —
1870-74	5.1 —	6.0 —
1875-79	5.2 —	6.0 —

On voit que l'abaissement du tarif a été, pour le voyageur, de 1 cent. 5; et pour la tonne, de 5,2; pour le voyageur, la diminution est de 22 0/0; pour la tonne, de 46 0/0.

La différence n'a pas été le résultat d'une concession spontanée de la part des Compagnies, mais bien du désir de lutter efficacement contre la voie d'eau et de désorganiser la batellerie. Il faut dire qu'elles y ont réussi dans une grande mesure.

Il n'est pas douteux que le transport des voyageurs suivrait également un mouvement progressif très marqué, si les tarifs qui leur sont applicables étaient réduits dans la même proportion, c'est-à-dire de près de moitié.

Mais nous ne saurions méconnaître que ce mouvement est enrayé, plus que dans un autre pays, par le très faible accroissement de notre population et les habitudes essentiellement sédentaires de nos habitants. Il faut dire, en outre, que les déplacements, si fréquents autrefois, dans un intérêt commercial, sont devenus, en grande partie sans objet, depuis que les facilités introduites dans les correspondances postales et même dans les transports postaux, ont permis aux négociants de la province de s'approvisionner aux centres industriels, par le simple envoi d'échantillons. L'envoi de ces échantillons par les grandes maisons de commerce de Paris et autres centres commerciaux, a créé, à leur profit, une clientèle provinciale considérable qui n'a plus besoin de venir chercher, dans ces villes, les produits dont elle a besoin.

La décentralisation des établissements d'instruction supérieure, par le fait de leur accroissement en province, a également contribué à diminuer le nombre des voyageurs.

Nous avons mentionné l'influence défavorable de l'extension du second réseau et des lignes secondaires, sur la marche de l'exploitation des chemins de fer.

Les documents publiés par le ministère des travaux publics, notamment pour les années 1869-70 et 1876-78, nous permettent de le constater. Bornons-nous à comparer les années 1868 et 1878.

Voici d'abord quel a été, dans cet intervalle de dix années, la progression des divers réseaux exploités :

Lignes	1868	1878	Accroissement absolu	Accroissement p. cent
Grandes lignes.	kil.	kil.	kil.	
Ancien réseau	7.824	9.650	1.826	23.3
Nouveau réseau. . . .	7.514	9.374	1.860	24.7
Lignes secondaires. .	517	2.411	1.894	366.3
	15.855	21.435	5.580	35.2

C'est donc sur les lignes secondaires qu'a porté, et dans une proportion énorme, l'accroissement du réseau.

Voici maintenant les recettes kilométriques :

Lignes	1868	1878	Différences absolues	Différences p. cent
Grandes lignes.	francs	francs	francs	
Ancien réseau	64.173	70.711	6.538	10.2
Nouveau réseau. . . .	21.534	20.646	888	4.1
Lignes secondaires. .	22.578	15.482	7.096	31.4
	42.609	42.546	63	0.15

On voit que la recette a notablement augmenté pour l'ancien réseau, tandis qu'elle a diminué pour le nouveau, mais surtout pour les lignes secondaires.

Ajoutons que les recettes kilométriques de l'ancien réseau sont plus de trois fois supérieures à celles du nouveau.

Il est assez remarquable que, tandis que les dépenses kilométriques se sont accrues pour les grandes lignes de l'ancien et du nouveau réseau, elles ont diminué dans de fortes proportions pour les lignes secondaires. C'est ce qu'indique le tableau ci-après :

Lignes	1868	1878	Différences absolues	Différences p. cent
Grandes lignes.	francs	francs	francs	
Ancien réseau	27.408	30.882	3.474	12.7
Nouveau réseau. . . .	12.782	14.405	1.623	12.7
Lignes secondaires. .	16.228	10.951	5.277	32.5
	20.115	51.434	1.319	6.6

Il est évident qu'en présence du faible produit relatif des lignes secondaires, les Compagnies ont senti la nécessité de réduire autant que possible les frais d'exploitation de ces dernières; et elles ont eu le concours du gouvernement qui, très probablement, n'aura pas insisté sur l'exécution rigoureuse de certaines clauses des cahiers des charges.

Nous trouvons, dans un excellent album de statistique graphique publié, en 1880, par M. l'ingénieur Cheysson, les renseignements suivants sur la situation des chemins de fer en 1878.

Sur 20,824 kilomètres de lignes ayant fourni les renseignements demandés à ce sujet, 63 0/0 sont à double voie et 37 0/0 à voie unique. Les alignements droits représentent, dans l'ensemble, 63 0/0; les courbes d'un rayon supérieur à 500 mètres, 33 0/0; et celles d'un moindre rayon, 4 0/0 seulement.

Au point de vue du profil, les paliers s'élèvent à 24 0/0 les déclivités de 5 millimètres par mètre et au-dessous à 43 0/0, et celles de plus de 5 millimètres à 33 0/0.

Si l'on décompose ces résultats, d'après la nature des lignes, on trouve que les lignes secondaires n'ont que 4 0/0 de chemins à double voie, tandis que les grandes lignes en ont 40 0/0. Au point de vue des courbes, les conditions sont à peu près les mêmes; mais, pour les déclivités, les grandes lignes n'ont que 33 0/0 de chemins présentant des pentes de plus de 5 millimètres, tandis que les lignes secondaires en ont 41 0/0. D'un autre côté, ces dernières ont 23 0/0 de paliers, tandis que les premières en ont 33 0/0. On doit déduire de ce fait que le profil des lignes exploitées par les grandes Compagnies est beaucoup plus uni, et, par conséquent, plus favorable à une exploitation active et économique.

Même en ce qui concerne les grandes Compagnies, les conditions de toute nature sont loin d'être identiques. Alors que le Nord a 71 0/0 de lignes à double voie, le Midi n'en a que 25 0/0. Le Nord est également au premier rang avec 67 0/0 d'alignements droits et 1 0/0 seulement de courbes d'un rayon inférieur à 500 mètres; tandis que le Midi n'a que 24 0/0 de paliers (l'Orléans et le Midi 26 0/0).

D'un autre côté, le Nord n'a que 22 0/0 de déclivités supérieures à 5 millimètres, tandis qu'elles s'élèvent à 40 0/0 sur le réseau de l'Ouest.

Le capital dépensé pour la construction du réseau français, tel qu'il existait au 31 décembre 1877, s'élevait, d'après le même document officiel, à 9,616,450,000 francs, chiffre seulement approximatif, puisqu'il fait abstraction de 775 kilomètres dont le coût n'est pas indiqué. Le coût kilométrique ressort ainsi à 426,300 francs. Les lignes d'intérêt général absorbent à elles seules 9,035,800,000 francs, soit 465,900 francs par kilomètre. Les lignes incorporées dans le réseau de l'Etat, tel qu'il était constitué à cette époque, ont coûté 354,150,000 francs ou 227,300 francs par kilomètre, et les chemins d'intérêt local 226,500,000 francs ou 141,100 francs par kilomètre.

Certaines lignes d'intérêt général, surtout aux abords des grandes villes, ont eu un prix de revient très élevé. Ainsi, sur la ligne de Paris à Marseille, la section de Paris à Lyon a coûté 785,000 francs par kilomètre; celle de Lyon à Avignon 807,000 francs; celle d'Avignon à Marseille 925,000 francs. Aux abords de Paris, le coût kilométrique est encore plus élevé en raison des expropriations coûteuses et des nombreux ouvrages d'art. Nous citerons, comme exemple, la ligne de Paris à Saint-Germain, qui a coûté 2,173,000 francs par kilomètre, celle d'Auteuil, dont le kilomètre est revenu à 2,139,000 francs; la Ceinture, rive gauche, à 3,194,000 francs; la Ceinture, rive droite, à 1,389,000 francs.

Par contre, même dans le réseau du Nord, on trouve des sections dont le prix de revient est très modéré. Citons la ligne de Beauvais à Gournay, qui n'a coûté que 174,000 francs le kilomètre; celle de Chantilly à Senlis, 168,000 francs. Dans le réseau de l'Est, la ligne de Châtillon-sur-Seine à Chaumont n'a coûté que 177,000 francs; Bar-sur-Seine à Châtillon, 139,000 francs; Mézières à Hirson, 192,000 francs. Dans le réseau de Lyon, on trouve une section, celle de Coilar à Nimes, 156,000 francs. Dans le réseau d'Orléans, La Flèche à Aubigné, 117,000 francs. Dans le réseau du Midi, Tarbes à Bagnères, 175,000 francs.

Enfin, en dehors des grandes lignes, on peut également mentionner, parmi les sections construites à bon marché, celle de Chauny à Saint-Gobain (131,000 francs), celle de Vitré à Fougères (113,000 francs).

Pour les lignes d'intérêt local, la moyenne est de 141,000 francs par kilom.; elle résulte à la fois et de prix plus et de prix moins élevés. Les Compagnies qui n'ont pas eu la prétention de faire concurrence aux grands réseaux et n'ont pas recouru à des pratiques financières dont les

tribunaux ont fait justice, n'ont pas, dans la plupart des cas, dépassé 100,000 francs par kilomètre. Les exemples en sont assez nombreux et on peut mentionner notamment le chemin de Mamers à Saint-Calais, qui a coûté 96,000 francs; celui de Vouziers à Amagne, 76,000 francs; celui de Charmes à Rambervillers, 74,000 francs; enfin, ceux de Cozon à Arcachon et de Bazancourt à Bétheniville, 62,000 francs seulement.

Les tableaux graphiques de l'atlas du ministère des travaux publics permettent de se rendre compte, à première vue et sans le secours d'aucun document numérique, de la direction et de l'intensité des divers courants commerciaux qui sillonnent la France. Le courant dominant, bien supérieur à tous les autres, est celui qui, partant de la frontière belge, suit le chemin de fer du Nord jusqu'à Paris, s'y grossit d'un courant de moindre importance venant du Havre par le chemin de l'Ouest, et se dirige ensuite sur Marseille, en suivant la ligne de Lyon. Deux courants secondaires se dirigent aussi de Paris sur Bordeaux et sur Avricourt.

Si l'on suppose ces grandes artères reliées par un certain nombre de rameaux, qui paraissent comparativement insignifiants, on a une idée exacte de la répartition du trafic sur nos voies ferrées. Ainsi, pour citer quelques chiffres, prenons le tonnage moyen de petite vitesse ramené à la longueur totale pour quelques-unes des principales lignes. Nous voyons que ce tonnage moyen est de 923,000 tonnes pour la ligne de Paris à Bordeaux, de 778,000 pour celle de Paris à Avricourt, et pour la ligne d'Amiens à la frontière belge, de 1,500,000 tonnes. A Amiens, cette ligne reçoit le trafic de l'Angleterre par Boulogne, et la moyenne s'élève à 1,833,000 tonnes, pour la ligne de Creil à Longueau. A Creil débouche le grand courant de la Belgique et de l'Allemagne arrivant par la ligne de Creil à Erquelines, dont le tonnage moyen est de 1,587,000 tonnes; et ces deux *fleuves* réunis se jettent à Paris, qui en absorbe une partie avec une moyenne de 2,800,000 tonnes, pendant que la ligne du Havre apporte aussi un contingent considérable représenté par 1,459,000 tonnes.

Bien que notablement diminué, le courant que nous étudions conserve encore, au sortir de Paris jusqu'à Lyon, un tonnage moyen de 1,470,000 tonnes. Mais, au delà, de Lyon à Marseille, alors que la Suisse est venue lui fournir son contingent par la ligne de Genève, le trafic prend alors des proportions extraordinaires, puisqu'il est représenté par une moyenne de 2,566,000 tonnes, qui n'est comparable qu'à celle de Creil à Paris. De cet énorme trafic, destiné en majeure partie à la mer, bien peu passe en Italie par Nice; mais un courant important passe sur Narbonne et Toulouse, pour continuer en s'affaiblissant, jusqu'à Bordeaux, par la ligne du Midi.

En résumé, si l'on étudie la moyenne générale par réseau, on voit que la Compagnie qui a le trafic le plus considérable est celle du Nord, avec une moyenne de 706,700 tonnes; le Lyon vient ensuite avec 561,600 tonnes; puis l'Est avec 396,800 tonnes; l'Orléans avec 327,000 tonnes; l'Ouest avec 315,000 tonnes; le Midi avec 267,200 tonnes; les lignes secondaires avec 129,500 tonnes, et le réseau de l'Etat avec 53,000 tonnes seulement; — ensemble une moyenne générale de 390,900 tonnes.

Les recettes doivent être en rapport avec l'intensité des transports que nous venons de faire connaître. Toutefois, la nature du trafic, selon qu'il est plus ou moins rémunérateur, modifie le classement des lignes d'après le tonnage transporté. La section la plus productive devient celle de Paris à Mantes avec 217,400 francs par kilomètre, et celles de Lyon à Marseille et de Paris à Creil ne viennent plus qu'en seconde ligne avec 194,000 francs et 193,000 francs par kilomètre.

Ces résultats sont très élevés; mais il convient de faire remarquer que les lignes de la Compagnie de Lyon, autres que celles de Paris à Marseille, donnent toutes des moyennes bien inférieures, puisque les plus productives, celle de Montpellier et celle de Lyon à Saint-Etienne et Roanne descendent à 118,000 francs et 81,000 francs; celle de Suisse à 55,000 francs et celle du Bourbonnais à 51,500 francs. De même pour l'Ouest: de Mantes à Rouen, le produit kilométrique s'abaisse à 131,000 francs. de Rouen au Havre à 110,000 francs et de Paris à Chartres à 108,000 francs.

Pour le Nord, le rendement se maintient sur un plus grand nombre de chemins du réseau. Nous avons vu que la recette kilométrique entre Paris et Creil est de 193,100 francs; mais ce chiffre n'est exact que pour partie, la Compagnie possédant, entre ces deux points, deux lignes, l'une par Chantilly, l'autre par Pontoise dont chacune donne ce produit de 193,000 francs. De Creil à Amiens, la recette est encore de 174,400 francs; d'Amiens à la frontière belge, de 108,500 francs; d'Amiens à Boulogne, de 81,600 francs, et de Creil à Erquelines, de 137,500 francs.

Le produit des autres réseaux est en général moins élevé. Ainsi la ligne de Paris à Bordeaux ne rapporte que 113,500 francs par kilomètre; la ligne principale de l'Est, celle de Paris à Avricourt, 93,900 francs, et l'artère de la Compagnie du Midi, de Cette à Toulouse, 93,400 francs.

Dans ces conditions, si l'on classe les réseaux d'après leur produit kilométrique, on doit encore placer le Nord au premier rang avec 70,000 francs; le Lyon au second avec 52,200 francs; l'Ouest au troisième avec 43,300 francs; l'Est au quatrième avec 43,000 francs; l'Orléans au cinquième avec 35,800 francs; le Midi au sixième avec 32,300 francs; les Compagnies secondaires au dernier rang avec 22,600 francs. Enfin les chemins de l'Etat ne produisent que 9,400 francs et les chemins d'intérêt local 5,900 francs seulement.

Un côté intéressant de la statistique du trafic, est l'étude comparée des recettes des diverses gares. L'album du ministère des travaux publics fournit, à ce sujet, de curieux renseignements. La première des gares — il est presque inutile de la nommer — est celle de Paris, qui a fait, en 1878, une recette de 138,376,000 francs, recette un peu exceptionnelle en ce sens qu'elle se rapporte à l'année de l'Exposition. Les gares d'Orléans qui ont fourni le plus fort contingent sont celles de Montrouge, d'Ivry et de l'Hôpital, dont la recette totale a été de 33,766,000 francs. La Compagnie de l'Ouest a perçu aux gares de Montparnasse, de Vaugirard, de Saint-Lazare et des Batignolles 31,906,000 francs. La Compagnie du Nord a encaissé 29,106,000 francs aux gares du Nord et de La Chapelle. Enfin les gares de Lyon ont produit 22,194,000 francs et celles de l'Est 21,404,000 francs. Les recettes des autres gares du réseau français restent bien en dessous de ces chiffres remarquables. Quelques-unes cependant donnent des produits très élevés. Ainsi Bordeaux a encaissé 30,430,000 francs. Viennent ensuite, par ordre d'importance : Lyon avec 22,798,000 francs; Marseille avec 16,890,000 francs; Toulouse avec 12,401,000 francs; Cette avec 12,354,000; Le Havre avec 11,806,000 francs, et Erquelines avec 10,119,000 francs. A côté de ces grandes gares, qui reçoivent une notable partie du trafic déterminé par notre commerce extérieur et intérieur, on peut encore en citer un certain nombre d'autres dont le rendement est relativement considérable : Avricourt, par exemple, qui a produit 6,680,000 francs; Rouen, 6,311,000 francs; Angers, 6,018,000 francs; Le Mans, 5,681,000 francs; Lille, 5,653,000 francs; Laon, 5,580,000 francs; Saint-Etienne, 5,255,000 francs; Dunkerque, 5,205,000 francs.

La Compagnie de l'Est compte très peu de gares d'un revenu élevé. Celle du Nord, plus favorisée, dessert, en outre, un grand nombre de localités très productives;

tandis que les Compagnies de Lyon, d'Orléans et du Midi ont, à côté de quelques gares de premier rang, un plus grand nombre d'un trafic minime. Quant à l'Ouest, il n'a en propre que Le Havre, puisqu'il partage les produits des gares de Rouen, du Mans et d'Angers avec d'autres réseaux.

La même année (1878) le nombre des billets distribués a été, en nombre rond, de 139 millions, dont 11 millions de 1re classe, 42 de 2e et 86 de 3e. On a calculé que près de la moitié des voyageurs ne paient pas place entière (billets d'aller et retour, d'abonnements, de militaires, d'enfants, de trains de plaisir, etc.).

Le parcours moyen d'un voyageur a été de 35 kilomètres. Mais si l'on néglige les petites lignes, telles que la Ceinture, la ligne d'Enghien à Montmorency, où l'on monte en chemin de fer pour des trajets de 6 et même de 2 kilomètres, puis les lignes de banlieue du réseau de l'Ouest, qui ne permettent pas d'établir une comparaison avec les chemins de grands parcours, — le parcours moyen d'un voyageur s'élève à 38 kilomètres, savoir : 103 pour les voyageurs de 1re classe, 40 pour ceux de 2e et 32 pour ceux de 3e.

Voici dans quelles proportions s'est modifié le rapport entre les voyageurs des trois classes de voitures pendant les deux années extrêmes de 1860 et 1878 :

	1860	1878
1re classe.	11	7
2e —	33	32
3e —	56	61
	100	100

On voit que les voyageurs de 1re et de 2e classes ont diminué et ceux de la troisième ont augmenté.

Nous trouvons les données statistiques suivantes dans un des rapports d'une de nos plus importantes Compagnies (Nord) :

Recettes, voyageurs.

Classes	Produit moyen d'un voyageur	Répartition de 1,000 voyageurs	Répartition de 1,000 fr. de recettes
1re classe.	6 26	86	293
2e —	2 23	210	258
3e —	1 15	704	448
		1.000	1.000

Voyageurs		Tarif kilom. moyen	Parcours moyen
		fr.	kil.
Voyageurs à prix complet. . .		0.0696	37
Voyageurs à prix réduit.	Aller et retour. .	0.0559	18
	Enfants	0.0311	43
	Militaires. . . .	0.0161	57
	Abonnements. .	0.0216	33
	Trains de plaisir et de bains de mer.	0.0396	109

Dans une recette de 1,000 francs, les voyageurs entrent pour 279 francs, les bagages et marchandises à grande vitesse pour 71 francs et à petite vitesse pour 650 francs.

Le parcours moyen d'une tonne est de 102 kilomètres et le tarif moyen perçu par tonne est de 0 fr. 056.

La dépense par train-kilomètre se répartit comme suit :

Administration centrale et frais généraux.	0,3238
Exploitation proprement dite.	1,0131
Matériel et traction	0,9855
Entretien et surveillance de la voie. . . .	0,7149
	3,0273
Produit brut.	6,0213
Produit net.	2,9940

Le seul chef-lieu de préfecture qui, au 31 décembre 1879, n'était pas desservi par un chemin de fer, était la ville de Mende. Nous donnons ci-après le nombre des sous-préfectures qui ne l'étaient pas à la même date, en marquant d'une astérique celles qui le seront éventuellement :

Mortain. *	Mauléon. *	Saint-Claude. *
Ploermel.	Oléron. *	Gex. *
Lannion.	Puget-Théniers.	Moutiers. *
Baugé.	Die.	Bonneville. *
Parthenay.	Nyons. *	Leblanc.
Florac. *	Embrun.	Bourganeuf.
Espalion.	Briançon.	Lachâtre.
Mauriac.	Lombez.	Lavaur.
Saint-Flour.	Céret.	Marvejols.
Castellane. *	Ribérac.	Ambert.
Melle.	Sarlat.	Issingeaux. *
Confolens.	Gourdon.	Rocroi.
Saint-Lèves.	Barcelonnette. *	

Enfin, on comptait à la même date, le nombre suivant de gares internationales (gares frontières) donnant lieu à un service de douane ;

	Belgique	Allemagne	Suisse	Italie	Espagne
Gares en exploitation.	16	7	4	2	2
Gares en construction et éventuelles. . . .	6	»	2	1	»
	22	7	6	3	2
	40				

On ne saurait accuser les Compagnies de mettre un nombre de places insuffisant à la disposition des voyageurs. En effet, un train emporte en moyenne 99 voyageurs et compte, toujours en moyenne, 244 places, soit 2 places 1/2 par voyageur. Cependant remarquons qu'il s'agit d'une moyenne et que les calculs de cette nature ne font nullement connaître la vérité, une moyenne mathématique n'ayant de valeur que lorsqu'elle est déduite de nombres très peu différents et non de nombres extrêmes. En voici la preuve pour le fait qui nous occupe. Sur le chemin de fer d'Aulnay-lès-Bondy (où l'on compte un voyageur de 1re classe pour dix trains) chaque voyageur peut disposer de 10 places. Sur l'Orléans, il dispose encore de 4 places; mais, sur le Lyon, ce chiffre tombe à 2 et sur les Charentes à 1.

Au 31 décembre 1877, les 20,964 kilomètres exploités comprenaient 8,299 kilomètres à deux voies ou plus, et 12,662 kilomètres à une seule voie. On comptait 9,105 kilomètres de rails d'acier. Le réseau comprenait 13,270 kilomètres en alignements droits et 7,694 en courbes d'un rayon minimum de 140 mètres. En profil, il comportait 4,988 kilomètres en palier et 15,976 kilomètres en déclivités au maximum de 45 millimètres par mètre.

Les passages pour routes et chemins étaient au nombre de 28,414, dont 9,227 sans rails, 15,065 à niveau et 4,122 sur rails.

Il existait, en outre, 34,577 ponceaux et aqueducs, 3,438 ponts, 440 viaducs de 10 mètres et plus de longueur moyenne et 700 souterrains. La longueur totale de ces divers ouvrages était de 53 kilomètres pour les ponceaux, de 104 kilomètres pour les ponts, de 65 kilomètres pour les viaducs et de 276 kilomètres pour les souterrains. Enfin, le nombre total des stations était de 3,171, et leur espacement moyen de 6,613 mètres.

Un second album de statistique graphique, publié en juillet 1881, contient un document du plus grand intérêt et que nous croyons devoir reproduire malgré son étendue; c'est le tableau par département des chemins de fer d'intérêt général au 1er août 1880. Voici ce tableau :

Départements	Longueurs exploitées	Longueurs en construction	Longueurs déclarées d'utilité publique et non commencées	Longueurs non déclarées d'utilité publique	Longueurs totales	Rapport des longueurs totales au territoire par 10 kil. carrés	Rapport des longueurs totales à la population par 1000 habitants
Ain	325	43	41	80	489	0k,84	1k,53
Aisne	368	40	129	257	803	1.09	1.43
Allier	342	24	35	104	505	0.69	1.25
Alpes (Basses-)	97	»	»	197	294	0 42	2.16
Alpes (Hautes-)	85	»	98	8	181	0 24	1.60
Alpes-Maritimes	88	»	»	156	244	0.62	1.20
Ardèche	225	47	9	161	412	0.80	1.15
Ardennes	255	»	87	75	417	0.80	1.28
Ariège	70	5	20	134	229	0 47	0.94
Aube	282	»	42	73	397	0.66	1.56
Aude	226	5	41	67	339	0.54	1 13
Aveyron	262	18	86	98	464	0.53	1.12
Belfort	54	»	7	»	61	1.00	0.90
Bouches-du-Rhône	441	41	29	48	459	0.90	0.82
Calvados	308	57	19	83	467	0.85	1.04
Cantal	135	11	70	129	345	0.60	1.04
Charente	214	43	22	86	445	0.75	1.19
Charente-Inferieure	345	22	38	145	550	0.81	1.18
Cher	199	86	17	85	387	0.51	1.12
Corrèze	107	134	67	222	530	0.90	1.70
Corse	»	35	128	281	447	0.51	1.71
Côte-d'Or	334	92	107	123	656	0.75	1.74
Côtes-du-Nord	236	15	6	264	521	0.76	0.83
Creuse	143	25	66	144	378	0.70	1.36
Dordogne	328	101	134	129	692	0.75	1.42
Doubs	244	83	63	57	447	0.85	1.46
Drôme	191	»	82	31	304	0.46	0.95
Eure	260	56	151	17	484	0.81	1.29
Eure-et-Loir	369	68	197	5	630	1.07	2.23
Finistère	218	57	21	202	498	0.74	0 75
Gard	304	201	122	40	667	1.14	1.58
Garonne (Haute-)	318	»	21	24	363	0.58	0 76
Gers	186	5	71	204	466	0.74	1.65
Gironde	462	12	21	157	652	0.67	0.89
Hérault	328	4	76	140	548	0.88	1.23
Ille-et-Vilaine	330	92	29	87	536	0.80	0 89
Indre	154	53	130	99	436	0.64	1.55
Indre-et-Loire	340	37	84	54	515	0.84	1.60
Isère	382	»	59	31	472	0.57	0.81
Jura	244	2	107	63	416	0.83	1 44
Landes	251	23	39	133	446	0.48	1.47
Loir-et-Cher	222	113	27	153	515	0.81	1.89
Loire	306	40	47	73	466	0.98	0.71
Loire (Haute-)	236	16	63	142	457	0.92	1.46
Loire-Inférieure	409	65	120	79	673	0.98	1.10
Loiret	474	103	29	»	606	0.89	1.70
Lot	137	15	199	32	383	0.74	1.40
Lot-et-Garonne	209	13	100	114	436	0.81	1.38
Lozère	49	56	81	43	229	0.44	1.70
Maine-et-Loire	352	45	131	31	559	0.79	1.08
Manche	226	»	72	103	401	0.68	0 74
Marne	446	»	198	12	656	0.80	1.61
Marne (Haute-)	289	82	110	6	487	0.78	0.90
Mayenne	191	99	48	»	338	0.65	1.96
Meurthe-et-Moselle	428	34	43	11	516	0.99	1.28
Meuse	350	25	11	46	432	0.69	1.47
Morbihan	185	60	22	59	326	0.48	0.61
Nièvre	376	»	39	143	558	0.82	1.61
Nord	734	87	107	97	1.025	1.80	0.67
Oise	415	52	»	29	496	0.85	1.24
Orne	252	224	»	9	485	0.80	1.24
Pas-de-Calais	547	11	»	»	558	0.84	0.70
Puy-de-Dôme	172	134	44	124	474	0.60	0.83
Pyrénées (Basses-)	151	45	38	221	455	0 60	1.06
Pyrénées (Hautes-)	187	»	»	62	249	0.55	1 05
Pyrénées-Orientales	107	»	49	49	205	0.50	1.01
Rhône	257	»	57	74	368	1.32	0.52
Saône (Haute-)	353	10	12	53	428	0.80	1.41
Saône-et-Loire	352	108	185	80	725	0.85	1.18
Sarthe	298	54	44	39	435	0.70	0 98
Savoie	189	17	37	14	257	0.45	0.96
Savoie (Haute-)	25	125	18	95	263	0.61	0.96
Seine	199	8	23	16	246	5.13	0.10
Seine-Inférieure	420	44	72	96	632	1.05	0.80
Seine-et-Marne	327	40	11	143	521	0.91	1.50
Seine-et-Oise	591	61	35	164	851	1.52	1.52
Sèvres (Deux-)	211	206	39	80	536	0.90	1.60
Somme	301	71	»	»	372	0.60	0.67
Tarn	203	8	87	56	354	0.62	1.00
Tarn-et-Garonne	140	1	54	58	253	0.68	1.14
Var	171	57	»	167	395	0 66	1.34
Vaucluse	213	»	»	101	314	0.88	1.23
Vendée	265	96	8	129	498	0.74	1.21
Vienne	311	46	197	»	554	0.79	1.68
Vienne (Haute-)	223	148	»	88	459	0.83	1.37
Vosges	248	82	14	84	428	0.73	1.06
Yonne	333	140	40	78	591	0.80	1.65
Totaux et moyennes	23.051	4.187	5.112	7.747	40.097	0.76	1.09
Département moyen	265	48	59	89	461	0.76	1.09

Ces nombres et rapports se sont modifiés depuis. A la fin de 1881, les chemins d'intérêt général déclarés d'utilité publique et non livrés à l'exploitation comprenaient 191 lignes d'une longueur totale de 8,567 kilomètres; sur lesquels 6,731 étaient achevés ou entrepris.

En ce qui concerne les lignes concédées à exécuter entièrement par les Compagnies, elles étaient au nombre de 66 et avaient une longueur totale de 2,073 kilomètres, dont 1,804 achevés ou entrepris.

Les lignes concédées, dont l'infrastructure est exécutée par l'État, étaient au nombre de 17, d'une longueur totale de 849 kilomètres, sur lesquels 645 étaient achevés ou en cours de construction.

Quant aux lignes rachetées à construire ou à racheter par l'État, au nombre de 22, elles avaient une longueur totale de 1,313 kilomètres.

Les lignes nouvelles à construire entièrement par l'État, au nombre de 96 (lois des 10 juin, 3 août 1873, 12 avril 1874 et lois postérieures), avaient une longueur de 4,332 kilomètres, sur lesquels 3,097 étaient achevés ou entrepris.

En résumé, au 31 décembre 1881, la longueur des lignes entreprises était de 8,567 kilomètres et celle des sections en construction de 6,731 kilomètres. La dépense totale s'était élevée à 983,861,080 francs.

Si l'on compare les deux exercices 1880 et 1881, on remarque que les dépenses se sont accrues, en 1881, de 54,488,000 francs, se décomposant comme suit : 15,240,000 francs pour les lignes à construire par les Compagnies; — 5,598,000 francs pour celles dont l'infrastructure est effectuée par l'État; — 12,361,000 francs pour les lignes rachetées à terminer par l'État; — 21,289,000 francs pour les lignes nouvelles à construire par l'État.

Il nous reste à faire connaître les dernières publications officielles sur les résultats de l'exploitation des chemins de fer en 1880 (recettes en millions de francs).

I. Chemins de fer d'intérêt général.

Lignes	Longueur exploitée au 31 décembre	Longueur exploitée dans l'année	Recettes 1er trimestre	2e trimestre	3e trimestre	4e trimestre	Totaux
1° Ancien réseau.							
Nord	1.339k	1.319k	30.0	30.2	33.8	35.8	129.8
Est	754	754	11.3	12.9	14.3	14.3	52.5
Ouest	900	900	18 8	21.1	24.3	20.2	84.4
Paris-Orléans	2.017	2.017	27.2	28.3	30.2	30.9	116.6
Paris-Lyon-Méditerranée	4.483	4.274	71.7	75.8	76.9	80.2	304.6
Midi	796	796	16.5	15.2	15.7	17.7	65.1
Ceinture (rive droite)	20	20	1.7	1.6	1.5	1.7	6.5
Grande ceinture	34	34	0.1	0.2	0.2	0.2	1.4
	10.381	10.102	177.3	185.4	196.7	200.7	760.9
2° Nouveau réseau.							
Nord	668	663	4.0	4.4	4.5	4.1	17.0
Est	2.007	1.992	15.7	16.9	17.7	17.5	67.8
Ouest	2.116	2.081	9.1	10.1	11.6	10.4	41.2
Paris-Orléans	2.342	2.342	12.2	12.3	12.7	13.2	50.4
Paris-Lyon-Méditerranée	1.543	1.543	5.6	6.0	6.7	6.5	24.8
Midi	1.518	1.474	5.6	6.3	8.2	7.0	27.1
	10.194	10.095	52.2	56.0	61.4	58.7	228.3
3° Réseau spécial.							
Paris-Lyon-Méditerranée (1)	144	132	1.5	1.7	1.8	1.8	6.8
4° Lignes de l'Etat.							
	2.250	1.953	4.0	4.3	5.2	5.1	19.6
5° Compagnies diverses.							
	851	834	3.0	3.4	3.9	3.8	14.1
6° Récapitulation.							
Totaux	23.747	23.093	238.2	251.0	269.3	270.2	1.028.7

(1) du Rhône au Mont-Cenis.

Si nous comparons les résultats qui précèdent à ceux de l'année 1879, nous avons les données comparatives ci-après :

	Longueur totale au 31 déc.	Long. moy. exploitée dans l'année	Recettes totales	Recettes kilométriq.
	kilom.	kilom.	francs	francs
1879	22.777	22.454	914.4	40.723
1880	23.747	23.093	1.029.0	44.560

Le progrès de l'exploitation, au moins en ce qui concerne les recettes brutes, sont constants; 1880 a même dépassé 1878, année de l'Exposition, pendant laquelle la recette kilométrique brute avait été de 42,546 francs.

Le mouvement s'est encore accru en 1881, à en juger d'après les résultats des trois premiers trimestres comparés de 1881 et 1880 : 783,555,901 francs en 1881 et 759,238,314 francs en 1880.

Ces résultats s'appliquent à l'ensemble des chemins de fer d'intérêt général, sans distinction entre les réseaux. Si nous opérons cette distinction, nous avons les résultats suivants pour 1880, que nous pouvons considérer comme une année normale.

	Recettes kilom
Ancien réseau	75.350
Nouveau réseau	20.867
Réseau spécial	51.151 (1)
Réseau de l'Etat	9.500
Compagnies diverses	17.040

(1) Du Rhône au Mont-Cenis.

On voit que c'est le réseau de l'État qui comprend les lignes les moins fructueuses. Si nous connaissions le rapport des frais d'administration aux recettes brutes, nous verrions très probablement que ce rapport est sensiblement plus élevé que pour les autres réseaux. C'est le résultat habituel de la gestion par l'État en France.

On remarque des différences assez sensibles dans les recettes d'un trimestre à l'autre. Les proportions ci-après ont été calculées pour 1880; mais elles s'appliquent à peu de différence près à 1879 :

1er sem.	2e sem.	3e sem.	4e sem.	Total
23.12	24.40	26.14	26.34	100

Ainsi les recettes s'accroissent avec chaque trimestre, le dernier (octobre-décembre) étant le plus fructueux. Cette progression s'applique très probablement au transport des marchandises, le mouvement des voyageurs devant se ralentir dans la mauvaise saison.

(*b*) *Sur les lignes d'intérêt local.* Voici les résultats de l'exploitation pour 1879 et 1880.

Le réseau comprenait, au 31 décembre 1880, une longueur totale de 2,210 kilomètres et la moyenne exploitée dans l'année a été de 2,118 kilomètres. Les frais de construction montaient au 31 décembre, à 372,241,390 francs. La recette totale de l'année a été de 15,876,619 francs et la dépense de 12,102,355 francs, soit une recette kilométrique de 7,496 francs, une dépense de 5,714 francs et un produit net de 1,782. Si l'on rapporte le produit net total aux frais d'établissement, on a un revenu de 1,01 0/0.

En 1879, on avait eu les résultats suivants : le réseau comprenait, au 31 décembre, 2,114 kilomètres et la longueur moyenne exploitée 1,944 kilomètres. La recette totale avait été de 13,743,215 francs, soit de 7,077 francs par kilomètre et la dépense de 13,743,215 francs, ou de 5,628 francs par kilomètre, soit un produit net de 1,449 francs et un revenu de 0,94 0/0.

(*c*) *Sur le réseau algérien.* Les résultats de l'exploitation de ce réseau sont les suivants pour les années 1879 et 1880.

La longueur totale, au 31 décembre 1880, était de 1,440 kilomètres et la moyenne exploitée dans l'année a été de 1,132 kilomètres. Les recettes ont monté à 10,642.422 francs, soit 9,401 francs par kilomètre. Nous ignorons les frais d'exploitation et le coût de construction, deux documents que les statistiques officielles ne donnent pas, on ne sait pourquoi.

En 1879, la recette totale avait été, pour une moyenne exploitée de 932 kilomètres, de 8,954,103 francs, soit de 9,607 francs par kilomètre. Les résultats de 1880 ont été moins favorables que ceux de 1879; ce qui semble indiquer une moindre productivité des sections qui ont été mises en exploitation en 1880.

Chap. X. Exploitation. § 1er. *Influences économiques et politiques.* Pour pouvoir examiner utilement les questions que soulèvent les tarifs, il convient de rechercher les effets de toute nature, mais surtout les effets économiques de la voie ferrée. Nous ne saurions avoir la prétention de les énumérer en totalité; mais ceux que nous allons signaler rapidement nous paraissent être les plus importants.

(*a*) *Economie de temps et d'argent pour les voyageurs.* La distance de Paris au Havre qui est de 212 kilomètres par la voie de terre, exigeait, à la fin du xviiie siècle, 48 heures; à la fin de 1814, 37 heures; à la fin de 1830, 24 heures; et, en 1848, par les messageries, 18 heures. Aujourd'hui, la durée du trajet par la voie ferrée (228 kilomètres) est de 2 h. 1/2.

Pour aller de Paris à Bordeaux, il y a 90 ans, il ne fallait pas moins de 92 heures; en 1830, le trajet exigeait 72 heures; en 1848, par la malle-poste, 36 heures. Actuellement, le train express, qui part de Paris à 8 h. 20 du soir, arrive à Bordeaux le lendemain à 7 h. 10, et fait ainsi le trajet en 10 h. 50.

En résumé, la vitesse moyenne à l'heure, y compris les temps d'arrêt était de 3 kilomètres environ au xviiie siècle, et de 7 kil. 1/2 en 1848 par les Messageries. Aujourd'hui, la vitesse moyenne et très modérée des trains express est de 43 kilomètres; on marche donc 14 fois plus vite qu'il y a 80 ans. Et le dernier mot n'est pas dit en fait de vitesse; car, Orléans fait construire des locomotives qui franchiront 90 kilomètres à l'heure.

A la fin du xviiie siècle, les onze principales routes s'éloignant de Paris avaient une longueur totale de 5,000 kilomètres et étaient parcourues en poste en 1,478 heures. Les 5,391 kilomètres de chemin de fer qui les ont remplacées sont parcourus, avec la vitesse très modérée de 43 kilomètres à l'heure, en 124 heures. Cette économie de temps ne peut que difficilement être évaluée en argent; mais elle est énorme si on la calcule à partir de la construction du premier chemin de fer jusqu'à nos-jours. Arrivée plus prompte à destination, et retour plus rapide à domicile, par suite, moins de dépenses en route, moins de perte de journées de travail; puis, bénéfices obtenus d'une plus rapide expédition des affaires, et ajoutons d'une meilleure expédition de ces mêmes affaires par la présence de l'intéressé remplaçant les intermédiaires d'autrefois. On a dit avec raison que l'économie de temps réalisée par le chemin de fer équivaut, en réalité, à un allongement de la durée de la vie, surtout si l'on y joint celle qui résulte des facilités postales, des correspondances télégraphiques et téléphoniques. — Voilà des sources de profit considérables.

Il ne faut pas dédaigner non plus l'influence hygiéniqne bienfaisante d'un court séjour dans les vagons, d'une moindre agglomération dans ces véhicules, comparativement aux anciennes messageries, et d'une bien meilleure installation, d'une plus grande commodité.

Au sujet de l'économie d'argent, un statisticien allemand a fait le calcul suivant. De 1844 à 1878, il a été parcouru, sur les chemins de fer prussiens, par les trains de voyageurs, 53,074,166,926 kilomètres pour une somme de 2,030,302,317 marks (le mark = 1 fr. 25). Dans l'intervalle, le prix de transport par kilomètre est tombé de 4,5 pfennigs (le pfennig = 12c,5), à 3,95 pfennigs. En admettant que le transport par chevaux coûte au voyageur 5,53 pfennigs, il a été économisé, pour la période entière, une somme de 800,319,384 marks. Quant à l'économie de temps, elle a été de 1,061,483,340 heures. En portant à 10 pfennigs seulement la valeur de l'heure, c'est une nouvelle économie, de ce chef, de 106,148,335 marks.

(*b*) *Economies résultant du transport à meilleur marché des produits.* Le même statisticien a calculé ces économies comme suit : De 1844 à 1878, il a été parcouru, par les trains de marchandises à petite vitesse, 87,087,549,083 kilomètres pour une somme de 4,690,985,774 marks, et, dans cet intervalle, le prix du kilomètre est tombé de 15 à 4,5 pfennigs. En admettant que le transport par la voie de terre coûte 27 pfennigs par kilomètre, il a été économisé, sans égard au temps gagné, une somme de 18,561,859,798 marks.

Le prix des produits, naturels et manufacturés, a donc diminué, toutes choses égales d'ailleurs, du montant de cette énorme économie. Mais d'autres influences économiques, comme par exemple, pour les produits agricoles, un écart plus ou moins sensible entre les besoins de la consommation et la puissance productive du sol, ont pu et ont dû neutraliser l'effet apparent de cette économie. Toutefois, il convient de dire que, sans les transports à bon marché, les prix, par suite de cet écart, se seraient bien plus sensiblement élevés.

(*c*) *Influence sur le développement de l'industrie et du*

commerce. En dehors de l'influence générale que le transport rapide et à prix décroissant des produits manufacturés a exercée sur le développement de l'industrie, les chemins de fer ont été particulièrement favorables à certaines branches de cette industrie, comme la métallurgie et l'exploitation des mines de charbon. Ils emploient, en effet, pour l'entretien des rails, des quantités considérables de fer et aujourd'hui d'acier, absorbant ainsi une notable partie de la production sidérurgique et houillère. Ils ont, en outre, ouvert à cette dernière production des débouchés tels, que la consommation domestique, en dehors des besoins de l'industrie, a atteint, dans diverses pays, en France notamment, un chiffre qui a rendu indispensable l'entrée des combustibles minéraux étrangers.

D'un autre côté, le chemin de fer a rendu possible l'exploitation d'un certain nombre de gites minéraux que les difficultés et le prix des transports avaient obligé d'abandonner ou de ne pas entreprendre.

Le chemin de fer a favorisé, par les mêmes raisons, le développement du commerce, auquel il a procuré, en outre, un avantage qu'il ne connaissait pas autrefois, celui de l'arrivée à destination à jour fixe des marchandises demandées aux centres industriels.

Il a produit — au moins en grande partie — un phénomène économique qui n'est pas sans inconvénient pour le commerce de la province ; c'est la formation, dans les grands centres de population, de puissantes maisons expédiant leurs marchandises à la clientèle, chaque jour croissante, qu'ils se sont créée en dehors du siège de leur établissement. Offrant aux consommateurs une immense variété et, par suite, un choix presque illimité de produits, elles s'ouvrent, par l'envoi des échantillons, l'extrême modération de leurs prix et la satisfaction rapide donnée aux demandes, des débouchés qui réduisent d'autant ceux des négociants de la localité, auxquels il ne reste plus que la clientèle qui a besoin de crédit.

Nous avons à peine besoin d'ajouter que, par le prix relativement très modéré de ses transports, la voie de fer, exerce, sur l'importation et l'exportation, l'influence la plus favorable.

(*d*) *Influence sur l'agriculture.* Le chemin de fer, en facilitant le transport des engrais et des amendements, a permis d'améliorer les terres médiocres, de rendre les bonnes plus productives. Mais le plus grand service qu'il ait rendu au cultivateur a consisté à ouvrir à ses produits des débouchés qui n'ont aujourd'hui d'autres limites que les frais de transport. Il en est résulté que la valeur de ces produits s'est élevée dans une proportion considérable, enrichissant le cultivateur, mais, il faut le dire, au préjudice du consommateur local non producteur, qui a dû payer à un prix de plus en plus élevé les denrées nécessaires à son alimentation.

Le renchérissement des produits agricoles, par le fait de l'accroissement des débouchés, est tel aujourd'hui, que le cultivateur, dans les régions sillonnées par la voie de fer, n'a presque plus besoin de les transporter sur les marchés voisins; la spéculation vient les prendre chez lui, dans ses greniers, dans ses celliers.

La plus value du sol arable, par l'élévation du prix de ses produits de toute nature, a été un nouvel élément de richesse pour le pays. Cette plus value s'est surtout produite dans le voisinage de la voie ferrée et dans un rayon que tend à élargir la multiplication des chemins vicinaux et autres qui y conduisent. Elle a été encore plus sensible, aux abords des stations, et, à ce point de vue, leur emplacement a été l'objet de compétitions ardentes de la part des propriétaires intéressés (1).

On avait cru que l'établissement du réseau ferré diminuerait la valeur des animaux de transports (chevaux, mulets), remplacés désormais par la vapeur ; il n'en a rien été. Par suite de l'ouverture de nouveaux chemins aboutissant aux stations, il a été créé de nombreux services de messagerie qui ont exigé l'emploi de beaucoup plus d'attelages que par le passé.

(*e*) *Influence sur l'alimentation.* Si la voie ferrée a déterminé une hausse des produits agricoles dans toutes les régions qu'elle a traversées; elle a rendu l'alimentation générale plus facile, plus variée, plus abondante qu'antérieurement. Le rayon d'approvisionnement des grandes villes surtout s'est très sensiblement étendu. Ce rayon a dépassé les frontières ; il s'étend aujourd'hui sur les pays voisins et, pour citer un exemple, Paris voit arriver sur ses marchés des animaux de boucherie venus de l'Allemagne, de la Suisse, de l'Italie, de l'Autriche-Hongrie et même de la Scandinavie. Les aliments les plus délicats nous arrivent également de l'étranger ; et, notamment, le lièvre, la perdrix, le faisan, que les halles parisiennes offrent en si grandes quantités aux consommateurs riches, ont été tués bien loin de notre pays.

Il y a lieu de remarquer, en outre, que, par suite de la rapidité des transports, des produits dont la conservation était limitée à un temps déterminé et dont le rayon de consommation était par conséquent restreint, arrivent aujourd'hui en bon état à des distances considérables. Ainsi, par exemple, le poisson de mer, que les provinces du centre de la France ne connaissaient pas avant la voie ferrée, y arrive aujourd'hui en abondance. Il importe également de constater, en ce qui concerne les animaux de boucherie, qu'ils parviennent à leur destination moins fatigués, moins amaigris que par le passé, qu'ils ont ainsi un rendement et une qualité supérieurs.

Avec le chemin de fer, les chertés d'autrefois sont impossibles, les portions disponibles des récoltes soit des provinces du même pays, soit des pays les plus éloignés arrivant rapidement aux lieux où ces récoltes ont été insuffisantes. Rappelons, à ce sujet, qu'en France, l'administration s'est réservé le droit, quand les céréales ont atteint un certain prix, de faciliter leur transport par l'abaissement des tarifs. Disons, il est vrai, que la navigation à vapeur, qui est en quelque sorte la continuation du chemin de fer, a sensiblement contribué à cet heureux résultat, en amenant, notamment, avec une rapidité inconnue autrefois, sur les marchés européens, les blés des régions transatlantiques.

Le chemin de fer a produit un autre effet en ce qui concerne l'alimentation. Avant son établissement, le consommateur, hors d'état de se mettre en rapport direct avec le producteur, était à la discrétion de l'intermédiaire, c'est-à-dire du marchand qui, seul, pouvait faire venir, par la voie de terre ou d'eau, des produits en quantités assez notables pour obtenir une réduction sur les frais de transports. Aujourd'hui, cet état de choses s'est modifié, le consommateur pouvant faire venir directement, des lieux de production, un grand nombre de denrées alimentaires, comme l'huile comestible, le vin, le beurre et tous les autres produits qui peuvent se conserver plus ou moins longtemps. Il est ainsi à peu près certain de se soustraire aux mélanges, aux sophistications dont ces produits sont l'objet de la part des intermédiaires.

(*f*) *Influence sur les mouvements de population.* Il n'est pas d'amélioration dans la sphère des intérêts matériels qui n'ait quelques inconvénients ; toute la question est que la part des avantages soit de beaucoup supérieure. L'inconvénient du réseau ferré, en ce qui concerne le mouvement intérieur des populations, c'est la facilité apportée aux émigrations rurales, c'est l'agglomération rapide des populations aux dépens de leur santé, de leur bien-être, de leur moralité et du calme politique du pays. Les déplacements de population ont, en outre, pour résultat de faire hausser la main-d'œuvre rurale et d'ap-

(1) Des fortunes considérables ont été faites, surtout aux abords des grandes villes, par des achats de terrains le long du tracé projeté, et connu seulement de quelques privilégiés, d'une ligne de chemin de fer.

porter un élément nouveau au renchérissement des produits agricoles.

On constate, toutefois, un mouvement en sens contraire, quoique faible encore, un certain nombre d'industries quittant les villes où elles sont grevées de frais généraux considérables, pour aller s'établir dans des localités moins populeuses et aux abords d'un chemin de fer. Elles y sont généralement suivies par leurs ouvriers. Les chemins de fer de banlieue ont également pour effet d'enrayer, dans une certaine mesure, la *force centripète* qui tend à augmenter sans relâche la population des villes, des grandes surtout.

Le chemin de fer détermine la formation de petits centres de population qui n'existaient pas autrefois. Sur les lignes à grande circulation, les stations tendent à devenir de véritables petites villes. Le nombre des constructions s'y accroît à vue d'œil ; les marchands de denrées alimentaires s'y établissent ; quelques petites industries manuelles y trouvent déjà des moyens d'existence. Avant peu, elles se détacheront de la commune dont elles dépendent pour avoir une organisation municipale distincte.

Les chemins de fer ne favorisent pas seulement les émigrations rurales, mais encore les émigrations extérieures, c'est-à-dire d'un pays à un autre. Avant l'ère de la vapeur, les Etats-Unis, le Brésil, l'Australie n'auraient jamais reçu les immigrants qui s'y rendent, chaque année, par centaines de milliers, allant y chercher les moyens d'existence qn'ils ne trouvent plus au pays natal devenu *surpeuplé*. A ce point de vue, la voie ferrée remplit encore une mission d'humanité et de civilisation.

Si les chemins de fer favorisent la prompte dispersion des membres de la famille par l'émigration intérieure et extérieure, pour les soustraire ainsi, il faut bien le reconnaitre, aux bienfaisantes influences de la vie en commun et des légitimes sévérités de l'opinion locale, ils leur permettent de se créer plus facilement des moyens d'existence et, d'un autre côté, ils facilitent les voyages qui ont pour but de permettre aux enfants de visiter fréquemment les parents.

Le chemin de fer exerce, sur les populations, une autre influence qui pour n'être pas encore très visible, est réelle : en réduisant les distances, en rapprochant, en mêlant les diverses races qui ont successivement peuplé le même pays, il les unifie, il les assimile au grand profit de l'unité nationale. Il provoque, en outre, entre ces races, des mariages d'où peuvent sortir des générations plus saines, plus vigoureuses que par le passé.

(*h*) *Influence sur les transports par la voie fluviale.* On a reproché au chemin de fer d'avoir, par une lutte de tarifs, désorganisé la batellerie. Le reproche est fondé dans une grande mesure ; il est toutefois un assez grand nombre de transports qu'il n'a pu lui enlever, et la lutte dure encore, peut-être pour se prolonger indéfiniment au grand avantage de l'industrie, du commerce et des consommateurs. En fait, les transports par la voie fluviale n'ont pas diminué ; mais ils ne se sont pas accrus dans la mesure de ceux qui emploient la voie de fer. Les transports maritimes (grand et petit cabotage) n'ont pas diminué non plus ; mais il est certain que le chemin de fer en a pris une notable partie.

On ne peut pas, d'ailleurs, lui contester des avantages signalés sur la voie fluviale. Il n'a pas besoin, comme le canal, d'un chômage annuel. Il ne craint ni la neige ni la gelée ; il peut être établi partout, dans la plaine comme dans la montagne ; par l'uniformité de sa largeur (grandes lignes) il peut se mettre en rapport immédiat avec la ligne qui lui fait suite, tandis que le réseau fluvial présente des disparités de largeur qui nécessitent des transbordements coûteux.

Les améliorations dont la voie d'eau est l'objet en ce moment au point de vue de la dimension des écluses supprimeront tôt ou tard, totalement ou partiellement, cette dernière cause d'infériorité et rendront la lutte plus égale.

Il est à désirer toutefois que le gouvernement ne renouvelle pas la faute grave qui a consisté à mettre le canal du midi à la disposition du chemin de fer et à supprimer ainsi toute concurrence au grand préjudice des expéditeurs et du public de cette région de la France.

(*i*) *Influence sur la fortune mobilière.* L'établissement du réseau ferré a créé, en France, des titres de premier ordre pour une somme qui varie entre 9 et 10 milliards. Il a ainsi favorisé le placement, dans de fructueuses conditions, d'une notable partie de la fortune mobilière du pays. Ces titres, surtout ceux qui jouissent de la garantie d'intérêt par l'Etat, ont la solidité des fonds publics. Ils ont, comme ces derniers, l'avantage de circuler de main en main avec la plus grande facilité, et, par l'uniformité de leur produit (nous parlons ici des actions des chemins garantis) de se prêter fort peu aux spéculations désordonnées. Plus tard, après le remboursement par les Compagnies des avances de l'Etat, les actions, retrouvant leur élasticité, bénéficieront des accroissements à peu près certains du produit de l'exploitation.

(*j*) *Influence sur les recettes de l'Etat.* Le chemin de fer, sous forme d'économies dans les transports et de rendement de certaines taxes indirectes, produit à l'Etat un revenu très important. Un document officiel, inséré au *Bulletin de statistique* mensuel que publie le ministère des finances (décembre 1880) contient, à ce sujet, des renseignements précis et peu connus. En voici le résumé. Sous forme de *recettes perçues* (impôts sur les voyageurs et les transports à grande vitesse, contributions foncières et patentes, droit de transmission sur les titres, impôt sur le revenu des valeurs mobilières, timbre, droits de douane perçus sur les houilles, frais de contrôle et de surveillance etc., etc.) l'Etat a encaissé ou économisé par réseau les sommes suivantes :

	Recettes de l'Etat	Nord	Est	Ouest	Orléans	Méditerranée	Midi	Chemins divers	Totaux	Par kilomètre
	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs
Recettes	3.043.351	20.336.768	17.348.121	22.529.945	24.410.149	45.594.900	12.683.588	2 031.837	147.978.659	6.633
Economies	4.151.615	8.128.422	9.325.480	11.047.111	13.616.180	22.882.900	7.548.559	878 233	77.578.500	3.478
Total	7.194.966	28.465.190	26.673.601	33.577.056	38.026.329	68.477.800	20.232.147	2.910.070	225.557.159	10.111

Il est permis de croire, en outre, que l'Etat a pu réaliser des économies sur les frais d'entretien et de rectification des routes nationales.

Enfin, les chemins de fer accordent encore le passage gratuit ou à moitié prix à un grand nombre d'indigents. De nombreux fonctionnaires bénéficient de la même faveur et tout récemment les députés se sont fait accorder, par une véritable pression sur les Compagnies, le transport presque gratuit pendant toute une annee.

(*g*) *Influences politiques.* Ces influences sont à la fois intérieures et extérieures. La diminution des distances, en facilitant le transport des journaux dans la province, en y apportant plus rapidement la nouvelle des faits politiques qui s'accomplissent au siège du gouvernement,

la font participer plus vivement, plus profondément aux impressions produites par ces faits. Si une émeute grave, une insurrection éclataient dans la capitale, la province pourrait aller plus promptement à son secours. En dehors de pareilles éventualités, la nation a une vie politique commune plus intime ; ses hommes d'Etat peuvent plus facilement se mettre en rapports directs avec leurs électeurs et entreprendre ces campagnes politiques, si fréquentes en Angleterre, qui, comme l'a dit un des écrivains de ce pays, transportent en quelque sorte le parlement en province. Au moment d'élections nouvelles, les comités dirigeants peuvent envoyer plus facilement leurs émissaires sur les lieux et faire ainsi une propagande plus efficace. Les influences politiques extérieures ne sont pas moins certaines. La fusion des races qui se fait au dedans tend, par la facilité des communications, à s'opérer au dehors. Que ce travail soit plus lent, plus difficile, qu'il se heurte encore à des préjugés ou à des souvenirs pénibles (que les gouvernements ont quelquefois le tort d'entretenir), cela n'est pas douteux ; mais déjà les voyages internationaux se multiplient ; les chemins de fer amènent, en France notamment, des touristes en nombre considérable et toujours croissant. Les congrès scientifiques et littéraires se multiplient et les savants de tous les pays s'y rendent en foule, rapportant de leur séjour dans les capitales dont ils sont devenus les hôtes, les souvenirs d'une cordiale hospitalité. Négociants et industriels de tous les pays vont eux-mêmes traiter de leurs intérêts sur place et ces intérêts deviennent de plus en plus importants en raison du développement des échanges. De là des relations suivies, qui d'abord déterminent une appréciation plus exacte des mérites divers de chaque nation, puis dont les gouvernements sont obligés de tenir compte dans leurs négociations politiques et commerciales.

Ce mouvement de diffusion, *d'irradiation* des peuples déterminé par le chemin de fer est accéléré par la réforme introduite dans l'instruction publique au point de vue de l'enseignement des langues vivantes, plus étendu, plus effectif, plus pratique qu'autrefois.

Le chemin de fer a eu un autre résultat dans le sens de la confraternité des peuples : il a conduit à la suppression graduelle des passe-ports, mesure qui, à son tour, a sensiblement contribué à l'extension des rapports internationaux.

(*m*) *Influences diverses*. Le chemin de fer fournit à l'ouvrier le moyen d'aller offrir son travail là où il est le plus demandé, et lui donne ainsi une certaine indépendance vis à vis du patron. Il lui permet, par l'établissement des trains d'ouvriers sur les lignes de banlieue, d'aller demeurer hors de la ville siège de l'industrie qui l'occupe et de bénéficier ainsi des avantages du séjour dans les communes rurales.

Il occupe des employés, agents et ouvriers par centaines de mille et leur assure, sur leurs vieux jours, en ajoutant des subventions à leurs cotisations, des moyens d'existence. Les tribunaux lui imposent, en cas d'accident, s'il ne les accorde pas spontanément, de larges indemnités aux victimes.

Beaucoup d'anciens militaires et officiers sont heureux d'y trouver des emplois et de cumuler, avec leur pension de retraite, le traitement qu'ils reçoivent des Compagnies. Enfin, en facilitant aux malades les voyages aux stations balnéaires, maritimes et minérales, et aux localités favorisées par la douceur de leur climat, le chemin de fer n'est pas sans exercer une influence salutaire sur la santé publique.

Il ne faudrait pas cependant se faire une opinion exagérée de l'action bienfaisante de la voie de fer et consacrer des sommes considérables à l'établissement de réseaux dans des régions sans industrie, sans commerce et dont le sol est rebelle à la culture. Tout chemin qui ne peut avoir pour effet de développer des éléments préexistants de richesse est un chemin inutile et propre à ruiner l'entrepreneur, à plus forte raison s'il n'a pas été construit dans des conditions d'économie en rapport avec la faiblesse prévue de son trafic. L'Etat en a fait la coûteuse expérience en France, obligé qu'il s'est cru de racheter à un très haut prix des chemins qu'il avait imprudemment autorisés, quand il lui était facile de s'assurer que le produit ne serait pas en rapport avec les frais de construction.

On a fait au chemin de fer un reproche qui ne manquerait pas de gravité, s'il était exact, c'est d'annuler en partie l'effet des droits de douane, les Compagnies accordant, dit-on, le bénéfice de réductions notables de tarifs aux produits étrangers qui viennent faire concurrence à l'industrie nationale. Que les Compagnies attirent le transit par toutes les réductions compatibles avec leur intérêt, rien de mieux ; mais elles ne sauraient favoriser le travail étranger au préjudice du travail national ; car il y a là, pour elles, une question de patriotisme et même d'intérêt bien compris. Et, en effet, en préjudiciant à l'industrie indigène, elles affaibliraient d'autant les sources les plus importantes de leurs transports.

- Quant au grief relatif aux facilités que le chemin de fer donne au malfaiteur d'échapper à la justice de son pays, il n'a pas la même gravité, une bonne organisation de la police et la généralisation des traités d'extradition permettant d'y donner satisfaction.

§ 2. *Les tarifs*. La question des tarifs a soulevé des volumes de polémiques.

Les griefs contre les Compagnies à l'occasion de l'application de ceux que leur accordent les cahiers des charges ont surtout été nombreux. Nous allons en examiner la valeur, en déclarant, tout d'abord, que nous sommes complètement désintéressés dans cette discussion. Cette déclaration n'est pas inutile dans un moment où les adversaires des Compagnies affirment que tous les écrits qui peuvent leur être partiellement ou complètement favorables, sortent du cabinet de leurs directeurs. Pour nous, nous dirons d'elles avec Tacite, parlant de Tibère dont il a écrit la vie, *nec beneficio, nec injuria notæ*.

En réalité, nous sommes partisans de l'exploitation par les Compagnies, parce qu'elle donne aux véritables besoins du commerce et de l'industrie une satisfaction que tout autre mode de gestion ne leur donnerait pas. Mais cette conviction ne saurait nous empêcher de leur demander des améliorations dans leur service dont l'heure nous paraît venue et que devra, d'ailleurs, leur inspirer le sentiment de leur propre intérêt. Nous en parlons ailleurs.

(*a*) *Origine des tarifs légaux*. L'Etat a été accusé d'avoir fait une situation trop favorable aux Compagnies en leur accordant des tarifs maxima trop élevés.

Il importe, avant tout, de remonter au début de l'ère des chemins de fer et de se rappeler que les capitaux ne se sont décidés, en France, à se porter sur cette nature d'entreprise qu'après une longue hésitation, à laquelle il n'a pu être mis un terme que par des avantages leur permettant d'espérer une rémunération suffisante.

Ces avantages (subventions en argent ou en travaux ou garanties d'intérêt, tarifs relativement élevés) ont, d'ailleurs, été largement compensés par la mise à la charge des Compagnies de la construction d'un deuxième et même d'un troisième réseau, moyennant, il est vrai, une garantie d'intérêt, mais garantie, il ne faut pas l'oublier, qui n'est qu'une avance portant intérêt à 4 0/0, avance qu'elles doivent rembourser tôt ou tard, et pour le payement de laquelle l'Etat a un privilège sur leur matériel, concurremment avec les obligataires. Il ne faut pas oublier non plus que l'Etat n'a accordé que des concessions temporaires, à l'expiration desquelles il prendra possession, sans bourse délier, du réseau tout entier, moins le matériel d'exploitation dont il devra payer le prix à dire d'experts. Il ne faut pas oublier, en outre, qu'il s'est réservé la faculté d'exproprier les Compagnies après les quinze premières années de l'exploitation ; et enfin qu'aucune

modification de tarifs dans les limites des maxima ne peut avoir lieu sans son autorisation.

(*b*) *Réduction par les Compagnies des tarifs légaux.* Il est certain que, si les Compagnies avaient appliqué, comme elles en avaient le droit, les tarifs maxima inscrits au cahier des charges, et s'il en était résulté, pour elles, des bénéfices exceptionnels aux dépens du public, l'Etat, en traitant avec elles dans de pareilles conditions, eut véritablement trahi les intérêts du pays. Mais, en fait, ces maxima étaient absolument inapplicables, et les Compagnies, dans leur intérêt bien compris, les ont immédiatement réduits, pour continuer à les réduire jusqu'au point où elles ont estimé qu'une diminution ultérieure, même suivie d'une notable augmentation du trafic, ne compenserait pas l'accroissement des frais d'exploitation et mettrait en péril le revenu destiné à rémunérer les capitaux qui leur ont été confiés.

La réduction des tarifs a été réellement considérable pour les marchandises, qui forment les 2/3 du produit de l'exploitation. Le prix perçu, ou, plus exactement, le produit moyen par kilomètre parcouru d'une tonne a été abaissé de 11,3 centimes, en 1841, à 6 centimes en 1879. C'est une diminution de près de moitié.

D'après le document officiel auquel nous avons puisé nos renseignements statistiques, la diminution aurait été comme suit de 1855 à 1879 :

Années	Nombre effectif de tonnes transportées	Nombre de tonnes transportées à 1 kilomètre	Tarif perçu par tonne
1855	10.331.357	1.514.127.172	0.07648
1879	59.990.818	8.897.368.900	0.05847
			0.01801

Cette diminution représente, pour les 8,897,368,900 tonnes kilométriques de 1879, une économie de 160 millions de francs.

Pour les voyageurs, le produit moyen par voyageur transporté à 1 kilomètre est très loin d'avoir diminué dans la même proportion et même nous croyons pouvoir dire que le tarif général n'a pas été réduit en ce qui les concerne, au moins pour la distance entière, et que la moindre perception, de 1841 à 1879, résulte surtout des abonnements, de la création des billets d'aller et de retour, des trains de plaisir, etc., etc. Voici les faits. En 1841, le produit moyen d'un voyageur kilométrique a été de 6c,5 et, en 1879, de 5c1. C'est une diminution de 27,45 0/0.

(*c*) *Comparaison des tarifs français et étrangers.* Les tarifs de nos Compagnies sont-ils, comme on l'a prétendu, sans en fournir la preuve, supérieurs à ceux de l'étranger ? Les documents suivants à ce sujet ont été recueillis par nos ingénieurs (Jaquemin, Baum, etc., etc.) :

Chemins	Prix payé par tonne transportée à 1 kilom.	Chemins	Prix payé par tonne transportée à 1 kilom.
	cent.		cent.
Badois.	7.92	Autriche-Sud.	7.33
Russes.	7.58	Italiens	8.79
Espagnols. . .	7.65	Français. . . .	5.85
Bavarois. . . .	7.32	Als.-Lorrains.	5.70
Prussiens . . .	6.38	Belges (réseau	
Hollandais. . .	6.80	de l'Etat) . .	5.12

Le tarif — inférieur au nôtre — de l'Alsace-Lorraine a été tout d'abord très modéré, parce qu'il s'agissait de faciliter les relations de la province conquise avec l'Empire allemand. Il a été un peu relevé depuis et le sera très probablement davantage plus tard.

Quant au tarif belge, il est notablement inférieur au nôtre ; mais, d'une part, le produit est fort peu rémunérateur pour l'Etat et, de l'autre, on a fait entrer, dans la détermination du prix moyen ci-dessus, les tarifs de transit, extrêmement faibles, et grâce auxquels une notable partie des transports en transit a été enlevée à nos ports du Nord au profit d'Anvers. Le gouvernement belge a fait, à une certaine époque, un essai de tarifs très réduits à la fois pour les voyageurs et les marchandises ; mais la forte réduction des recettes malgré l'augmentation des transports par suite de l'accroissement des frais d'exploitation l'a obligé de revenir sur cette mesure ; et, même avec le relèvement des tarifs, le réseau de l'Etat est encore, répétons-le, peu rémunérateur.

Nous sommes disposés à reconnaître, d'ailleurs, que les comparaisons qui précèdent ne sont pas et ne sauraient être d'une exactitude rigoureuse, les moyennes respectives ayant été déduites de tarifs spéciaux très nombreux et très variés.

Ne pouvant contester que les Compagnies ont abaissé leurs tarifs, leurs adversaires prétendent qu'en procédant à cette réduction, elles n'ont eu d'autre but que de désorganiser la batellerie et de supprimer ainsi la concurrence de la voie d'eau, avec l'intention, lorsque cette suppression serait un fait accompli, de les relever.

Remarquons tout d'abord que, même sur les cours d'eau parallèles à la voie ferrée, la batellerie continue à fonctionner et que, si son importance a notablement diminué au profit du chemin de fer, les Compagnies, sorties plus ou moins victorieuses de la lutte, n'ont pas relevé leurs tarifs. Elles n'auraient pu le faire, d'ailleurs, sans l'autorisation du gouvernement et seulement après un délai suffisant pour préparer les intéressés à la réapplication de l'ancien tarif.

Il y a lieu de remarquer, en outre, que, si le projet d'établissement de canaux nouveaux et d'améliorations aux anciens ainsi qu'aux autres cours d'eau navigables, se réalise tel qu'il a été sanctionné par la loi de juin 1879, les Compagnies auront à lutter contre une concurrence d'autant plus redoutable, que l'élargissement des écluses permettra l'emploi de bateaux d'un fort tonnage et le remorquage à la vapeur.

(*d*) *Enquêtes sur les tarifs.* Les tarifs de nos Compagnies ont déjà été l'objet de plusieurs enquêtes. La première, confiée à une commission spéciale nommée en 1871, au sein de l'Assemblée Nationale, n'a pas donné de résultats. Il est bien vrai que son rapport, déposé le 14 mars 1874, attaque vivement les irrégularités que les tarifs spéciaux, dont nous parlons plus loin, produiraient entre les producteurs et les consommateurs de localités différentes. Mais il convient de rappeler que ce rapport, œuvre toute personnelle de son auteur, résume une enquête très incomplète, où la contradiction entre les déposants se manifeste à chaque page et que la contre-enquête annoncée n'a jamais eu lieu.

La deuxième enquête, ouverte devant une commission nommée par le Sénat, a procédé différemment. Elle a entendu tous les déposants qui se sont présentés et elle a fait son rapport, non à la suite d'un certain nombre de témoignages, mais après avoir épuisé les moyens d'en entendre de nouveaux. Aussi son rapport contient-il, non de vagues aspirations et d'inutiles récriminations, mais des conclusions précises et pratiques. Or, s'il demande l'unification des tarifs généraux et la réduction du nombre des tarifs spéciaux, il conclut au maintien de ces derniers tarifs, y compris ceux dits de gare en gare.

Enfin, en 1880, la commission des *trente-trois* de la Chambre des députés, qu'on ne saurait accuser ni de timidité dans ses conclusions, ni de sympathie pour les grandes Compagnies, a reconnu, par l'organe de son rapporteur, que, si le nombre des tarifs spéciaux peut et doit être réduit, ils ne peuvent être supprimés sans de graves inconvénients.

(e) *Catégories diverses de tarifs. Les tarifs spéciaux.* Les tarifs de nos Compagnies se divisent en plusieurs catégories comprenant : *les tarifs légaux* ; ce sont ceux qui sont inscrits aux cahiers des charges ; les *tarifs généraux,* applicables à tout le réseau ; les *tarifs spéciaux,* applicables seulement à certaines marchandises et à certaines régions ; enfin les *tarifs communs,* applicables, par une convention spéciale, et sous l'approbation du gouvernement, à plusieurs réseaux.

Il existait autrefois des *tarifs différentiels* qui consistaient dans un abaissement des taxes au profit des expéditeurs qui pouvaient livrer au chemin de fer une certaine quantité de tonnes de marchandises dans un délai déterminé ; mais ces tarifs, très préjudiciables aux expéditeurs d'une moindre importance et qui avaient provoqué de légitimes plaintes, ont complètement disparu.

Les tarifs spéciaux sont tous inférieurs aux tarifs généraux et à plus forte raison aux tarifs légaux.

Les tarifs spéciaux s'appliquent au transport d'une marchandise parcourant une ligne déterminée. Tous, sans exception, ont pour but une réduction des taxes fixées par le tarif général ; mais tous aussi imposent à l'expéditeur certaines dérogations au cahier des charges qui constituent des avantages pour la Compagnie en compensation de la diminution de taxe qu'elle a consentie. Ils constituent donc un véritable contrat bilatéral entre l'expéditeur et le transporteur. Les tarifs spéciaux prennent les noms : de *différentiels* quand ils ont pour base une réduction du prix kilométrique de transport en rapport avec le parcours de la marchandise ; de *tarifs communs*, quand ils s'appliquent à plusieurs réseaux de chemins de fer ; de *tarifs d'exportation*, de *transit* quand ils s'appliquent à des marchandises franchissant la frontière pour sortir du territoire national, ou seulement pour le traverser ; enfin de *tarifs internationaux* quand ils s'appliquent à des marchandises venant de l'étranger à destination de la France et réciproquement.

Les concessions faites aux Compagnies par l'expéditeur en compensation de l'abaissement des prix qui résulte de l'application des tarifs spéciaux, sont, sauf pour un petit nombre de cas particuliers, à peu près de même nature dans tous les tarifs spéciaux. Elles sont relatives : à la fixation du tonnage minimum jouissant de la taxe réduite ; à l'accroissement des délais de route ; à l'exonération de l'obligation imposée aux Compagnies par les cahiers des charges d'effectuer le chargement et le déchargement des marchandises ; enfin à la non responsabilité pour les déchets ou avaries de route.

Nous avons à peine besoin de dire que nul n'est obligé de subir la loi d'un tarif spécial, qui n'est appliqué que si l'expéditeur en fait la demande expresse sur sa note d'expédition. A défaut de cette demande, l'expédition est taxée aux prix et conditions des tarifs généraux.

Les tarifs spéciaux pour les mêmes marchandises diffèrent sur les différents réseaux, les tarifs étant plus ou moins abaissés au-dessous du tarif légal ; mais il n'en saurait être autrement, d'une part, les conditions d'exploitation n'étant pas et ne pouvant être les mêmes pour des tracés différents ; de l'autre, les Compagnies étant, en droit comme en fait, dans la situation d'un commerçant ordinaire qui rend au producteur ou au consommateur un service dont le prix est déterminé par la loi de l'offre et de la demande. Il en résulte que, par exemple, dans une région sillonnée de canaux, le tarif spécial devra abaisser ses taxes à peu près au chiffre du transport par eau ; ce qui n'existera pas sur un réseau n'ayant à lutter que contre la concurrence de la voie de terre. Sur d'autres réseaux, ce sera celle du cabotage qui décidera de l'abaissement des tarifs.

Voici dans quelles conditions les tarifs spéciaux ont été établis. On sait que, d'après les cahiers des charges, les marchandises sont divisées en quatre classes. Pour les trois premières, les Compagnies, comme nous l'avons vu, sont autorisées à percevoir 0,16, 0,14 et 0,10 par tonne et par kilomètre. Pour la quatrième, qui ne comprend que des marchandises de peu de valeur sous un fort poids, le tarif du cahier des charges est différentiel, les bases kilométriques décroissant avec la distance entre les limites de 0,08 et 0,04.

Voilà donc, au début, une tarification simple, uniforme, commune à toutes les lignes d'intérêt général. Mais elle n'est qu'un point de départ et comprend des prix maxima. Or, par l'article 48 de leurs cahiers des charges, les Compagnies sont expressément autorisées « à abaisser leurs taxes, avec ou sans conditions, au-dessous des limites légales, dans le cas où elles le jugeraient convenable, soit pour le parcours total, soit pour le parcours partiel de la voie ferrée ; » mais, bien entendu, sous la réserve de l'approbation ministérielle.

Bien convaincus que leurs intérêts et ceux du public étaient ici identiques, les Compagnies ont largement usé de cette faculté, et c'est ainsi que le tarif moyen perçu a été graduellement réduit à 0,06 par kilomètre.

Il n'est pas douteux que ces abaissements de prix, dus à la libre initiative des Compagnies, ont largement contribué au développement des transports ; ils en ont même provoqué qui n'auraient jamais eu lieu autrement. Ils ont ainsi sensiblement favorisé le progrès industriel, commercial et même agricole des localités auxquelles ils ont été appliqués. Mais il n'a pas été possible d'y recourir sans compromettre la simplicité et l'uniformité de la tarification du cahier des charges.

Les Compagnies y ont procédé de deux manières. Tantôt procédant par mesure générale, elles ont, pour le transport de certaines marchandises, substitué au tarif légal un tarif plus réduit, mieux approprié aux conditions générales du trafic de ces marchandises dans la région intéressée, plus propre à en favoriser le développement. Dans ce cas, le tarif spécial se trouve établi sous la forme de prix gradués d'après la distance sur une base kilométrique uniforme ou décroissante et applicables indistinctement sur toutes les sections d'un même réseau.

Tantôt, au contraire, le prix réduit, établi en vue d'un courant déterminé de trafic qui n'existe pas sur l'ensemble du réseau, est appliqué sur un certain parcours. On a, dans ce cas, ce qu'on appelle des prix fermes de gare en gare, qui sont, il faut le remarquer, exceptionnellement bas. Dans cette dernière catégorie rentrent ordinairement les tarifs d'exportation et de transit (1).

Nous venons de dire que la légalité des tarifs de gare à gare découle des dispositions de l'article 48 des cahiers des charges, qui permettent aux Compagnies d'abaisser leurs prix, soit pour le parcours total, soit pour le parcours partiel de leurs lignes. Cette légalité a, d'ailleurs, été explicitement reconnue par le fait de l'homologation ministérielle, puis par le Conseil d'Etat et la Cour de cassation.

Les tarifs de gare en gare ont, au surplus, leur place dans tous les pays sans exception. C'est la forme usitée presque exclusivement en Angleterre, où la tarification est au plus haut degré commerciale, où, par conséquent, chaque prix de transport est établi en quelque sorte isolément, individuellement, sans autre considération que celle du service rendu.

En Allemagne, où les idées de réglementation uniforme dominent, la réforme de 1877 a abouti à l'adoption d'un cadre uniforme des tarifs spéciaux comportant des échelles de prix gradués d'après la distance. Les auteurs de cette réforme ont dû reconnaître cependant la nécessité d'admettre des dérogations au principe d'uniformité et d'autoriser les administrations de chemin de fer à

(1) Saisissons ici l'occasion de déclarer qu'il n'existe pas, comme on l'a prétendu à tort, de tarif réduit pour les importations étrangères. De pareils tarifs qui, comme nous l'avons dit, neutraliseraient, dans une certaine mesure, l'effet des tarifs de douanes, n'auraient jamais eu l'assentiment du gouvernement.

établir, à côté des tarifs unifiés, des tarifs exceptionnels qui sont de véritables prix de gare à gare.

Quant à la Belgique, à l'Autriche, et, à plus forte raison, à l'Amérique, il faut se rappeler que, dans ces pays, la législation, plus libérale qu'en France, admet des traités d'abonnement et des traités particuliers. Sous ce régime, il est clair que les livrets des tarifs normaux peuvent être aussi simples, aussi uniformes que possible, puisqu'on reste toujours libre d'appliquer à chaque transport le prix spécial, et de gare à gare, qui lui convient.

Citons quelques applications de tarifs spéciaux.

Pour se procurer des retours profitables, la Compagnie du Midi a établi un tarif spécial pour l'envoi, à très bas prix, des matériaux de construction en destination des Landes. Grâce à ce tarif, les populations landaises ont eu ces matériaux à bon marché et ont pu remplacer leurs misérables demeures par des habitations plus saines et plus solides. La Compagnie utilise, par des chargements de bois, les vagons qui reviennent des Landes et retourneraient à vide si, à la faveur des bas prix de transport, on ne favorisait pas l'expédition de ces bois.

Relever les frais de transport par la suppression de ce tarif spécial, serait rendre impossible l'envoi dans cette région, des matériaux de construction et fermer les carrières dont ils sont extraits.

Prenons un autre cas. Pour ouvrir aux houilles du centre de la France les marchés du littoral de l'ouest, sur lesquels les houilles anglaises arrivent à très bas prix, la Compagnie d'Orléans a établi une série de prix fermes à base réduite. A la faveur de ces prix, les houillères de l'Aveyron ont pu obtenir, à Rochefort, une partie des fournitures de la marine, et les houillères de la Creuse ainsi que de l'Allier ont concouru, pour une large part, à l'approvisionnement du marché de Tours.

De nouveaux prix fermes, dont la base kilométrique descend jusqu'à 0,025 par tonne et par kilomètre, ont été soumis, vers la fin de l'année dernière, à l'homologation pour le transport des houilles des bassins du centre et de ceux de l'Aveyron sur Bordeaux, La Rochelle, Angoulême, Poitiers, Nantes, etc., etc., où ces houilles n'ont pu parvenir jusqu'à ce jour.

L'administration a homologué, en mars 1881, sur la proposition de la Compagnie du Nord et l'avis conforme du Comité consultatif des chemins de fer, des prix fermes comportant une réduction de 1 franc par tonne sur les tarifs en vigueur pour le transport des houilles du Pas-de-Calais en destination des usines du bassin de Maubeuge. Cet abaissement doit permettre aux houillères du Pas-de-Calais de concourir à l'approvisionnement d'un groupe considérable d'usines métallurgiques dont la consommation est d'environ 360,000 tonnes par an et qui, jusqu'alors, s'étaient approvisionnées presque exclusivement en Belgique.

Ainsi voilà des prix spéciaux de gare à gare qui ressortent à moins de 0,034 par tonne et par kilomètre sur l'utilité desquels tout le monde est d'accord : la Compagnie, l'administration et les intéressés.

Prenons quelques autres exemples. En l'absence de tarifs spéciaux et notamment avec les taxes kilométriques, Paris serait tributaire d'un certain rayon pour son approvisionnement, au grand préjudice des consommateurs, au grand profit d'un petit nombre de producteurs retrouvant le monopole dont ils jouissaient avant l'ouverture de la voie ferrée. Avec le tarif réduit de gare à gare, un bien plus grand nombre de producteurs prend part à l'alimentation de la capitale, et à ce point de vue, la profonde inégalité qui existait entre ceux d'un rayon rapproché et d'un rayon éloigné disparaît ou est sensiblement atténuée.

Il est une autre marchandise de grande consommation dont Paris est abondamment pourvu grâce aux prix fermes, c'est le charbon de terre. La Compagnie du Nord amène à Paris toutes les houilles de son réseau au prix ferme de 0,0740 sans se préoccuper de la distance. Au tarif kilométrique, deux ou trois producteurs pourraient seuls faire concurrence, sur le marché de Paris, aux charbons anglais qui arrivent par la Seine. La Compagnie du Nord au lieu de leur abandonner ce marché, a su attirer, sur son réseau, un trafic important; elle a ainsi donné la vie à notre bassin houiller du Nord et développé une des industries qui contribuent le plus à enrichir un pays. En même temps, elle assure, en toutes circonstances l'arrivée à Paris d'une marchandise devenue de première nécessité.

Malgré leur incontestable utilité, les tarifs spéciaux ont été vivement attaqués au nom de l'égalité. On a dit qu'en disposant des tarifs et en ayant le droit de les diversifier, les Compagnies deviennent les distributeurs arbitraires de la richesse, qu'elles peuvent, à leur gré, par la création d'un tarif spécial, favoriser une contrée au préjudice d'une autre. On insinue même que ces faveurs pourraient bien parfois être intentionnelles et naître d'une excessive bienveillance de certains administrateurs pour quelques industriels de leur réseau.

On répond à cet argument que les Compagnies ne peuvent disposer arbitrairement de leurs tarifs; que toute modification dont ils peuvent être l'objet doit être approuvée par une décision du ministre, sur avis conforme de la commission supérieure des chemins de fer et après communication de la demande de la Compagnie à toutes les chambres de commerce, même à celles qui sont étrangères au réseau. Le ministre ne donne, d'ailleurs, que des homologations provisoires, toujours révocables pour le cas où viendraient à se produire des inconvénients restés d'abord inaperçus ou qui ne se sont produits qu'après une application plus ou moins prolongée de la mesure.

En fait, les tarifs spéciaux qu'établissent les Compagnies ont pour but de provoquer de nouveaux transports ou de retenir ceux qui pourraient aller aux voies concurrentes. Dans la première catégorie rentrent les prix destinés à faciliter certains transports à grande distance. Ces prix blessent-ils l'égalité? Peut-on dire qu'en abrégeant les distances, ils favorisent le producteur éloigné et le consommateur au préjudice du producteur moins éloigné du lieu de consommation, auquel ils enlèvent le bénéfice de sa situation géographique? Mais, en principe, tous les moyens de transport, chemins, canaux, routes mêmes, n'ont d'autre but que de réduire les distances, d'atténuer ainsi les inconvénients résultant de l'éloignement et de mettre un terme au monopole des producteurs les plus voisins du centre de consommation. Ces voies de communication n'ont, en définitive, d'autre but et d'autre résultat que de multiplier les échanges en les facilitant.

Ce que les adversaires des tarifs spéciaux demandent, ce n'est pas que le chemin de fer respecte l'égalité là où elle existe, c'est qu'il la crée partout où, avant lui, elle n'existait pas; c'est, tour à tour, de respecter ou de bouleverser les situations géographiques. On lui demande de les respecter lorsque, sur une même ligne, on veut établir des taxes proportionnelles à la distance. On lui demande de les bouleverser, lorsqu'on ajoute que ces mêmes taxes doivent encore être appliquées sur d'autres lignes et dans d'autres directions.

Par exemple, au point de vue commercial, la situation géographique ne se détermine pas seulement par la distance à vol d'oiseau qui sépare le lieu de production du lieu de consommation, mais encore par les conditions topographiques et par les moyens, naturels ou artificiels, à l'aide desquels les échanges peuvent être effectués.

Qu'on suppose un industriel placé dans une vallée desservie par de bonnes voies navigables, et un autre qui a préféré s'établir dans le voisinage de montagnes, parce qu'il y a trouvé des moteurs naturels, et une main-d'œuvre moins chère. Le prix de revient des produits de ces deux industriels peut être le même; mais ce prix de revient sera évidemment aggravé par les frais des transports de la

région où est située la seconde usine. Le chemin de fer qui vient s'établir à une distance plus ou moins considérable de cette dernière devra-t-il, comme on le lui demande, établir en sa faveur un tarif réduit qui lui permettra de lutter victorieusement avec son rival de la plaine dont les frais d'établissement ont été plus considérables et qui paie la main-d'œuvre plus cher? Ce serait une atteinte grave aux droits que l'on veut attribuer à la situation géographique.

Dira-t-on que les Compagnies doivent s'efforcer de diminuer, par la réduction de leurs tarifs, les inégalités résultant de la situation géographique? Ce serait désirable; mais ce n'est pas possible, les conditions d'exploitation de la voie ferrée étant plus onéreuses dans les régions difficilement accessibles que dans la plaine où se rencontrent des profils droits sur une étendue considérable.

Les tarifs spéciaux sont, en définitive, tellement nécessaires, que l'Etat qui, pour l'exploitation de son réseau, avait d'abord posé le principe des tarifs kilométriques, a dû, pour un seul (P. V. nº 2), établir des prix exceptionnels relatifs à 56 articles.

On se plaint de la multiplicité des tarifs spéciaux et de la difficulté pour l'industriel, de trouver, dans le gros volume qui les contient, la taxe qu'il doit payer. Le reproche n'est pas fondé, l'industriel d'une région ne tardant pas à se renseigner, soit dans le volume même, soit auprès des gares, sur le tarif qui l'intéresse. Il y a lieu de remarquer à ce sujet, que les tarifs reçoivent dans ces gares, une très grande publicité et qu'à ce point de vue, il n'est nullement nécessaire de recourir au volume en question. Peut-être, d'ailleurs, serait-il possible de classer les marchandises de même nature dans des tarifs portant le même numéro sur tous les réseaux; les recherches seraient ainsi simplifiées.

(f) Opinions des chambres de commerce sur les tarifs spéciaux. Les chambres de commerce, moins celle de Paris, présidée par l'auteur du rapport hostile de 1874 — sont toutes favorables aux tarifs spéciaux. Citons les avis de quelques-unes. La Chambre de Bordeaux s'est exprimée comme suit : « En ce qui concerne les tarifs spéciaux, qui sont généralement des tarifs différentiels, mais à prix ferme de gare en gare, leur utilité est généralement appréciée; on n'élève à leur encontre que des objections d'une importance secondaire auxquelles il est inutile de s'arrêter. » (Lettre au ministre des travaux publics, du 17 avril 1880.)

La Chambre du commerce du Havre a exprimé la même pensée dans sa lettre du 24 septembre 1880 : « L'Etat, maitre des tarifs, appliquerait un tarif kilométrique..... et supprimerait ainsi les tarifs spéciaux créés en vertu de certains besoins et qui sont indispensables au développement de l'activité nationale »

C'est encore dans le même sens que se prononce la Chambre de commerce de Marseille dans sa séance du 8 octobre 1880 : « Les tarifs spéciaux conditionnels ne soulèvent généralement qu'une objection relative au minimum du tonnage, qui est souvent trop élevé. Votre commission est d'avis que les Compagnies doivent multiplier ces tarifs spéciaux et réduire, autant que possible, le minimum de tonnage. »

Si le commerce, en appréciant les tarifs spéciaux, réclame des modifications et des simplifications, il demande, avec la Chambre de commerce de Gray, que ce soit « en leur laissant toutefois remplir leur rôle essentiel, qui est d'effacer les distances, de rompre les fatalités topographiques dans l'intérêt supérieur de la production et de la consommation. » (Séance du 9 novembre 1880.)

La Chambre de Laval, plus explicite encore, signale : « la nécessité absolue, non seulement de maintenir, mais de multiplier les tarifs spéciaux, les prix fermes que doivent provoquer et déterminer, d'un point à l'autre du territoire, les courants commerciaux, les industries et productions nouvelles, la concurrence des lignes étrangères. C'est un devoir, pour les chambres de commerce de protester dès aujourd'hui contre toute généralisation, *contre toute mise en vigueur obligatoire* d'un système de tarification administrative. La tarification doit être avant tout commerciale au sens absolu du mot. »

La Chambre de commerce du Mans, dans sa séance du 19 janvier dernier, a donné une complète approbation aux propositions du rapporteur de sa commission spéciale, propositions qui demandent énergiquement; avec quelques modifications de détail, le maintien des tarifs spéciaux.

Même en dehors des chambres de commerce, dans les Sociétés industrielles ou agricoles, la même opinion s'est produite avec la plus grande énergie. La Société industrielle et agricole de Maine-et-Loire a été notamment d'avis « que le système de tarification adopté par toutes les grandes Compagnies semble naturel et logique. Il est, d'ailleurs, avantageux au commerce, puisqu'il a pour effet d'abaisser les tarifs à la dernière limite pour les transports des marchandises encombrantes entre les points de production et les centres de consommation. » (Séance du 27 août 1881.)

Nous avons déjà dit que le tarif réduit d'après la distance, appliqué en 1871, comme don de joyeux avénement, à l'Alsace-Lorraine, avait abaissé la recette nette dans des proportions considérables par suite de l'insuffisance des transports, le gouvernement prussien ayant, en outre, fait l'essai étrange d'appliquer le même tarif aux marchandises de toute nature, une tonne de soieries, par exemple, payant la même taxe qu'une tonne de houille. Les tarifs, avons-nous ajouté, ont dû être relevés, dans une notable proportion (de 30 à 40 0/0) et différenciés selon la valeur des marchandises divisées entre un certain nombre de classes ou catégories. En Belgique aussi, le régime des tarifs spéciaux a rencontré, même dans les régions officielles, une très vive approbation, et cependant, dans ce pays, c'est le régime de la réduction des tarifs en raison de la distance qui est appliqué au réseau de l'Etat.

Voici dans quels termes, en juin 1881, s'exprimait à ce sujet le ministre belge des travaux publics : « Le gouvernement cherche à réduire les prix par l'établissement, là où ils sont nécessaires, des tarifs spéciaux qu'il sera possible d'établir sans troubler notre situation financière... Selon que vous ferez une réduction de 1 franc, de 1/2 franc ou de 1/4 de franc, vous ferez un sacrifice au préjudice de l'Etat de 14, 7 ou 3 1/2 millions. A mon avis, faire une réduction aussi importante dans toutes les directions, pour tous les marchés, sans s'inquiéter des allures du commerce, sans s'informer si la concurrence la justifie,... c'est faire un sacrifice considérable et dangereux... Laissez-nous remanier les tarifs selon les besoins du trafic, selon les directions, suivant la concurrence... Tous les tarifs spéciaux qu'il sera possible de créer seront établis; mais ne votez pas une mesure générale qui serait sans opportunité, sans utilité et pleine de dangers. »

Ainsi, voilà le ministre des travaux publics en Belgique qui condamne le système de tarification décroissante selon la distance adoptée, en principe — mais avec des modifications, comme nous l'avons vu sur le réseau de l'Etat en France.

(g) Réforme de leurs tarifs demandée par le gouvernement aux Compagnies. Le 2 novembre 1881, le ministre qui dirigeait, à cette époque, les travaux publics en France, adressait aux six grandes Compagnies, au sujet d'un projet de tarifs communs à tous les réseaux qu'elles avaient soumis à son approbation, une circulaire dont nous croyons devoir reproduire les principaux passages :

« L'attention des Compagnies a été particulièrement appelée, pendant ces dernières années, sur certaines modifications à introduire, sans tarder, dans le système de tarification en vigueur, et sur la nécessité d'apporter

l'uniformité, la simplicité et la clarté dans une organisation qui s'est faite progressivement, sans plan d'ensemble, pour répondre aux besoins successifs, au fur et à mesure qu'ils se révélaient. Répondant aux vues de l'administration, les grandes Compagnies ont entrepris tout d'abord la révision de la classification des marchandises et proposé, en 1878, une répartition en six séries qui a été adoptée, en principe, par une décision ministérielle du 17 avril 1879..... jusqu'à cette époque, les tarifs généraux des diverses Compagnies n'avaient d'autre point commun que l'assimilation identique, pour tous les réseaux, de 1,500 marchandises aux 72 marchandises-types formant les quatre classes du cahier des charges. Mais les Compagnies avaient été laissées libres, pour l'application des prix, de diviser les marchandises en séries plus ou moins nombreuses.... La nouvelle classification du 17 avril 1879 fait disparaître cette diversité. Désormais, sur tous les réseaux, les marchandises seront réparties uniformément en six séries et figureront dans la classification de chacune des Compagnies, non seulement sous des dénominations identiques, mais encore avec le même numéro de série.

« En adoptant cette nouvelle sérification comme base d'une révision des tarifs généraux, le Comité consultatif avait pris soin de réserver expressément l'examen ultérieur de ces tarifs, lorsqu'ils pourraient être soumis au ministre dans la forme prescrite et la décision du 17 avril 1879 a reproduit formellement cette réserve.

« En juillet 1880, vous avez soumis à l'homologation un tarif général commun pour le transport à petite vitesse des marchandises de toute nature expédiées d'une gare quelconque d'un réseau à une autre gare quelconque des autres réseaux. Les prix de ce tarif comprennent les droits de transmission dans les gares de jonction des réseaux, font disparaître les relèvements de taxes kilométriques auxquelles les soudures donnent lieu actuellement au passage d'un réseau à l'autre et suppriment les surtaxes attribuées au chemin de fer de Ceinture de Paris. C'est là une heureuse innovation qui sera très appréciée du public, auquel elle assurera, pour les six grands réseaux, considérés au point de vue des taxes, comme n'en formant plus qu'un seul, tous les avantages de simplification et d'unité si désirables en matières de tarifs généraux, savoir : identité dans la répartition des marchandises, identité de la répartition de ces marchandises en six séries, identité des taxes à percevoir pour chaque série. Ces avantages se feront encore mieux sentir si, comme cela est indispensable, le nouveau tarif général fonctionne non seulement comme tarif général commun pour les échanges entre des réseaux différents, mais encore comme tarif général intérieur pour les relations de chaque réseau pris isolément, à l'exemple de ce qui existe déjà pour le tarif commun des petits colis à grande vitesse. Vous avez reproduit la nomenclature des marchandises en six séries, adoptée en principe par la décision du 17 avril 1879, et vous vous êtes conformé aux recommandations de l'administration à la suite de l'enquête sénatoriale de 1877 et du rapport de M. George, sénateur, savoir : 1° indication explicite, en tête du tarif, des bases de toute nature et des formules d'après lesquelles les taxes sont calculées; 2° adoption du système de tarification connu sous le nom de tarif belge et dans lequel la taxe kilométrique constante sur une étendue limitée, décroît successivement avec la distance; 3° emploi des distances réelles ou légales à l'exclusion de toute distance d'application facultative.

« Les bases initiales de votre nouveau tarif sont respectivement pour les six séries : 16, 14, 12, 10, 8 centimes par tonne et par kilomètre — Elles s'appliquent jusqu'à 350 kilomètres pour la première et la deuxième séries, jusqu'à 300 pour les troisième, quatrième et cinquième séries, et jusqu'à 40 kilomètres pour la sixième. Pour les parcours supérieurs, et pour les cinq premières séries, elles décroissent de 1 centime par chaque zône supplémentaire de 100 kilomètres jusqu'aux minima respectifs de 7, 6, 5, 4 et 3 centimes, qui deviennent alors les bases kilométriques constantes pour les parcours ultérieurs. Pour la sixième série, la base initiale descend à 4 centimes entre 40 et 200 kilomètres et à 3 centimes invariablement pour les parcours au delà de 200 kilomètres.

« Votre projet, que je viens de résumer *sans l'apprécier* (?) a été soumis à l'instruction règlementaire.... La grande majorité des chambres de commerce, sans méconnaître les avantages de simplification et d'unité de votre projet, ont signalé la proportion excessive de relèvement de taxes qu'il entraînerait et ont réclamé des modifications destinées à faire disparaître ces relèvements dans la plus large mesure possible. Dix-sept chambres ont même demandé formellement au ministre à s'opposer à la mise en vigueur du tarif, tel que vous l'avez présenté.

« L'administration centrale a, de son côté, fait une étude préparatoire et détaillée du nouveau projet de tarifs. Toutes les pièces du dossier, après avoir été complétées, ont été mises sous les yeux du Comité consultatif des chemins de fer, qui, vu l'importance de l'affaire, a chargé une commission, choisie dans son sein, de procéder à un examen préparatoire. Après avoir délibéré sur le rapport de cette commission, il a formulé les observations suivantes : « L'unification et la simplification que réclame à juste titre le commerce ne seraient pas suffisamment réalisées si le nouveau tarif général ne s'appliquait pas aux relations intérieures des divers réseaux aussi bien qu'aux relations de réseau à réseau. Il est absolument nécessaire que ce tarif soit tout à la fois un tarif général commun et un tarif général intérieur pour tous les réseaux, de telle sorte que, dans le calcul des taxes, le public n'ait pas à se préoccuper de la répartition conventionnelle des lignes entre les diverses Compagnies et que l'ensemble des chemins de fer français constitue, à ce point de vue, un seul et unique réseau.

« L'examen des diagrammes représentant les écarts entre les taxes actuelles et celles qui résulteraient du tarif général proposé révèle : en ce qui concerne les relations de réseau à réseau, des relèvements notables pour la plupart des marchandises des séries supérieures, c'est-à-dire pour celles auxquelles s'appliquent surtout les tarifs généraux; — en ce qui concerne les relations intérieures c'est-à-dire les plus importantes, des relèvements beaucoup plus frappants encore pour la plupart des marchandises surtout à la distance moyenne des transports, et aux distances inférieures.

« L'unification des tarifs ne peut être achetée au prix d'une augmentation de taxes, dont le public poursuit, au contraire, l'abaissement. Il est donc nécessaire de réviser les propositions des Compagnies et notamment de réduire les bases initiales et leur longueur d'application. En tout état de choses, le tarif proposé pour la sixième série est inadmissible pour les relations intérieures, attendu qu'il dépasse le maximum légal vers les distances de 100 et 300 kilomètres. Il serait impossible de se rendre compte dès aujourd'hui des résultats de la nouvelle tarification pour toutes les marchandises. Il faut donc conserver à celle de 1879 son caractère provisoire, afin de pouvoir ultérieurement réaliser les quelques abaissements des séries dont l'expérience démontrerait la nécessité. Toutes réserves doivent être faites pour l'accession ultérieure et éventuelle d'autres réseaux au concert établi entre les grandes Compagnies.

« En résumé, le comité a émis l'avis qu'il y avait lieu pour l'administration supérieure, 1° de ne pas approuver le projet de tarif tel qu'il a été présenté par les Compagnies et d'en entreprendre la révision sur d'autres bases, dans le sens des indications du rapport de la commission; 2° de demander aux Compagnies la confirmation des intentions manifestées par elles à diverses re-

prises pour l'application du nouveau tarif général, aussi bien comme tarif général intérieur que comme tarif général commun ; 3° de maintenir un caractère provisoire à la nouvelle classification des marchandises, afin que l'on puisse opérer ultérieurement, s'il y a lieu, les quelques abaissements de série dont l'expérience viendrait à démontrer la nécessité ; 4° de faire participer au nouveau tarif général les chemins de fer exploités par l'Etat ou pour son compte... et de réserver l'accession ultérieure et éventuelle d'autres Compagnies.

« ... L'œuvre de réforme de nos tarifs serait incomplète si elle se bornait à celle des tarifs généraux. Ceux-ci ne *correspondent en effet qu'à la moitié du nombre total des expéditions et à un chiffre inférieur au total des recettes pour tous tarifs. Les tarifs spéciaux ou conventionnels, dont le nombre est aujourd'hui de plus de 1,000, donnent plus particulièrement satisfaction aux besoins du commerce et de l'industrie, et l'importance de leur rôle se mesure à ce double fait que, d'une part, le jeu de ces tarifs correspond à une proportion voisine des 4/5 de la recette totale pour tous tarifs et, d'autre part, qu'ils ont permis d'abaisser au-dessous de 6 centimes par tonne et kilomètre la moyenne des taxes perçues* ».

Après une approbation si explicite du principe des tarifs spéciaux et des heureuses conséquences de leur application, on est tout surpris d'entendre le ministre continuer en ces termes :

« Ces tarifs spéciaux ont été, vous ne l'ignorez pas, l'objet des plus vives réclamations qui ont retenti dans les enquêtes de toute nature de ces dernières années et dans les débats parlementaires ; sans qu'il y ait lieu, en ce moment, d'insister sur ces critiques, j'estime que la réforme des tarifs spéciaux doit suivre immédiatement celle des tarifs généraux. »

Le projet de tarif général qui a motivé cette circulaire avait été présenté par les Compagnies le 8 juillet 1880, accompagné de la lettre explicative dans laquelle on lit ce qui suit :

Les auteurs de cette lettre après avoir donné une analyse détaillée du projet (il est contenu dans la circulaire ministérielle) ajoutent ce qui suit :

« Nous avons l'espoir que le nouveau tarif général commun donnera au public une très grande satisfaction. D'abord, les marchandises dénommées aux trois premières classes du cahier des charges sont remplacées par 1,614 désignations qui comprendront tous les objets connus. Il ne saurait donc y avoir aucune erreur sur l'assimilation. Pour la sixième série, il y a 34 désignations qui remplacent les 12 inscrites au cahier des charges. En second lieu, chaque gare ouverte à la petite vitesse, et déjà, par les tarifs intérieurs de la Compagnie, en relation avec les gares du réseau auquel elle appartient, est mise, par le tarif général commun, en relation directe avec les gares de tous les autres réseaux. Ainsi, chaque consommateur peut s'adresser à tous les producteurs ou commerçants de la France, et inversement, chaque producteur ou commerçant peut correspondre avec chaque consommateur, tous connaissant, à un centime près, ce que leur coûtera le transport d'un objet d'un poids déterminé.

« Enfin, le tarif proposé réalise, *sur les prix du cahier des charges*, des abaissements considérables. Aux bases légales de 16, 14, 10 et 8 centimes le tarif substitué des bases initiales de 16, 14, 12, 10 et 8 centimes auxquelles succèdent des bases qui diminuent à mesure que la distance s'accroit. Nous ne citerons qu'un exemple : pour un parcours de 1,000 kilomètres nos bases initiales deviennent 13,5, 11,5, 9,2, 7,3, 5,5 et 3,36 centimes.

« Il ne vous échappera pas que la transformation de quelques tarifs communs actuels et que le présent tarif général remplace, en s'appliquant aux relations des gares d'un réseau avec toutes les gares des autres réseaux — à côté de nombreux abaissements, *entraînera quelques relèvements*. Mais hâtons-nous d'ajouter que, limités aux tarifs généraux, les relèvements qui pourront se produire n'exerceront aucune influence sur le mouvement commercial du pays. Des différences de 3 fr., de 5 fr., par tonne, c'est-à-dire de 0,30 et de 0,50 par quintal, ne modifieront jamais les conditions de vente d'une balle de tissus, d'un fût de vin, d'une caisse contenant des produits manufacturés.... Le tarif général commun s'appliquera, non seulement aux lignes dont nous sommes concessionnaires, mais encore à toutes celles dont l'exploitation complète nous serait confiée. »

Les quelques relèvements de tarif, avoués par les Compagnies si leur projet était adopté, ont été déclarés excessifs, comme nous l'avons vu, par la Commission supérieure des chemins de fer et nous devons reconnaître, dans notre impartialité, que ce projet, bien que ne s'appliquant pas aux relations intérieures de chaque réseau, mais seulement aux rapports de réseau à réseau et, par conséquent, laissant les tarifs spéciaux intacts, n'est pas conçu dans l'esprit libéral dont les Compagnies avaient témoigné jusqu'à ce jour. Nous croyons donc que le gouvernement a sagement fait d'inviter les Compagnies à en étudier un second plus conforme aux besoins de l'industrie et du commerce sans préjudicier aux intérêts très respectables qu'elles mêmes représentent.

Jusqu'à ce jour, rien n'a transpiré des résultats des études nouvelles auxquelles, sur l'invitation du ministre, les Compagnies ont dû se livrer. Puissent-elles s'inspirer du sentiment de leur responsabilité vis à vis d'un pays dont elles tiennent entre leurs mains la fortune industrielle et commerciale, c'est-à-dire ne pas perdre de vue que, dans un moment où les gouvernements étrangers rachètent, même à des prix très élevés, les chemins qu'ils ont concédés, avec l'intention d'abaisser et d'uniformiser les tarifs et de fournir ainsi aux industries nationales des éléments de succès sur les marchés étrangers, il importe de ne pas aggraver, par des prix de transport relativement onéreux, les conditions de la lutte que les nôtres soutiennent, dans un état d'infériorité toujours croissant, sur notre propre marché, contre la concurrence étrangère. De là la nécessité de transporter aux prix les plus réduits possibles les matières premières aux usines et les produits fabriqués aux centres de consommation. Nous savons qu'il ne faut pas demander aux Compagnies des prix qui, même avec un accroissement considérable de transports, ne donneraient pas un produit net suffisant pour rémunérer le capital qu'elles ont mission de faire valoir ; mais nous croyons que les deux intérêts, ceux des actionnaires ou obligataires et du public, peuvent être conciliés dans une juste mesure, et, en tout état de choses, il conviendrait que les Compagnies fissent des essais qui faciliteraient la solution de la question.

L'influence de la réduction des tarifs sur l'accroissement des transports et même sur l'accroissement du produit net a été fréquemment expérimentée en matière financière. La réforme postale et, plus tard, la réforme télégraphique, ont été suivies d'un accroissement énorme des correspondances et l'Etat n'a pas tardé, même avec un accroissement inévitable de dépenses, non seulement à retrouver l'ancienne recette, mais encore à voir cette recette s'élever. Les Compagnies, elles-mêmes, ont fait récemment une expérience dont les résultats financiers ont dû être des plus satisfaisants. Il y a deux ans elles ont obtenu l'homologation d'un tarif très réduit pour le transport à grande vitesse de colis de 5 kilogrammes et au-dessous. A peu près à la même époque, le gouvernement a pris l'initiative d'une législation spéciale pour le transport des colis postaux de 3 kilogrammes et au-dessous ; puis il a traité avec les Compagnies pour ce transport, et les deux mesures ont été exécutées simultanément en 1881. Or, cette même année, le nombre des colis de 5 kilogrammes et au-dessous transportés par les six grandes Compagnies a monté, en nombre rond, à 13 1/2

millions, et celui des colis postaux — bien que la loi à ce sujet soit encore peu connue — à 4 1/2 millions. Nous n'avons pas besoin de dire que ces chiffres sont énormément supérieurs à ceux des mêmes transports avec les tarifs antérieurs.

Nous avons vu que, dans sa circulaire précitée, le ministre fait allusion à un projet d'unification des tarifs spéciaux qu'à sa demande les Compagnies étudieraient. Cette unification nous paraît bien difficile, soit pour l'ensemble des réseaux, soit pour certaines lignes du même réseau. Nous savons tout ce qu'a de séduisant au premier aspect l'idée d'une uniformité complète des tarifs de toute nature sur l'ensemble des réseaux français, qui représenteraient ainsi un seul et même chemin. Mais quand on songe que les conditions d'exploitation sont loin d'être identiques pour les divers réseaux et, en outre, pour les diverses lignes du même réseau, on acquiert bien vite la conviction qu'une pareille unification ne pourrait s'effectuer que par un relèvement sensible des tarifs spéciaux. Une Compagnie qui, dans son tracé, a eu la bonne fortune de rencontrer, sur une grande étendue, des profils droits, des pentes minimes et des courbes à larges rayons, exploite évidemment dans des conditions plus économiques que celle dont le tracé est très accidenté, dont les pentes sont considérables et les courbes à rayons très réduits.

Demander, avec une pareille inégalité de situation, des tarifs identiques, c'est imposer à certaines Compagnies des sacrifices ruineux. Répétons-le, l'unification ne pourrait avoir lieu, dans ce cas, que par de nombreux relèvements de tarifs au grand préjudice de la consommation.

Le gouvernement ne doit pas perdre de vue, d'ailleurs, que les constructions de canaux nouveaux et les améliorations aux anciens édictées par la loi de 1879, doivent avoir pour résultat de créer aux chemins de fer des concurrences nouvelles et dont ils ne triompheront pas aisément. Citons, à titre d'exemple, le grand canal du Nord sur Paris, qui aura pour objet de mettre les houillères du Nord et du Pas-de-Calais en mesure d'arriver sur le marché de Paris par une voie plus économique que les routes de fer et d'eau, et de lutter ainsi plus efficacement, sur le marché, contre les houilles belges et anglaises.

Le canal de jonction entre l'Escaut et la Meuse servira principalement à relier les hauts-fourneaux et les minières de l'Est avec les houillères et les forges du Nord. Par cette nouvelle voie d'eau, le transport de la tonne kilométrique sera de 0,012, de Valenciennes à Sedan, de 2 fr. 32, et de Valenciennes à Longwy, de 3 fr. 30. Or, le prix actuel par rail étant de 7 fr. 80 et 9 fr. 10, il en résultera une économie moyenne de 5 fr. 50, qui appliquée à un trafic présumé de 760,000 tonnes, fait ressortir une économie annuelle de 4,200,000 francs environ.

Voilà des éléments de concurrence dont il faut bien que le gouvernement tienne compte, lorsqu'il demande des réductions de tarifs aux compagnies. Ces réductions se feront d'elles-mêmes dans un temps plus ou moins rapproché, à l'aide des tarifs spéciaux, mais à la condition de ne pas en demander l'unification.

(*h*) *Réformes à demander aux compagnies en ce qui concerne les tarifs et certains faits d'exploitation.* Est-ce à dire que, au point de vue du transport des marchandises par la voie de fer, tout soit pour le mieux et qu'il n'y ait rien à demander aux Compagnies? Nous ne le pensons pas. Nous sommes notamment de l'avis du gouvernement lorsqu'il demande l'unification et la simplification des tarifs généraux d'abord, puis des tarifs généraux communs; quant aux tarifs spéciaux, il convient aussi de demander aux Compagnies de les codifier et s'il est possible de les réduire. Les Compagnies pourraient également : 1° réduire les délais pour les marchandises transportées au tarif général; 2° diminuer les droits de transmission : 3° réduire le séjour des marchandises dans les gares par un transport plus rapide à domicile; 4° réduire, par une entente commune, les frais, vraiment exorbitants, de transport d'un réseau à un autre (1); 5° réduire les frais de magasinage pour les transports à petite vitesse, et même les supprimer quand le séjour en magasin a pour cause l'insuffisance de matériel ou de chargement. On pourrait demander, en outre, aux Compagnies d'être plus équitables dans l'appréciation des dommages qu'elles ont causés soit pour avarie à la marchandise, soit pour retard dans le transport. Aujourd'hui, menacés des frais d'une instance judiciaire, toujours très onéreux même quand le procès est gagné, les destinataires se résignent le plus souvent à accepter la marchandise telle qu'elle leur est transmise et subissent ainsi des pertes qui, au bout de l'année, se chiffrent par une somme considérable (2). Il y a lieu enfin de demander aux Compagnies d'avertir toujours les destinataires de l'arrivée en gare de la marchandise, ce que beaucoup négligent de faire (2). On peut encore leur demander : 1° que les tarifs de concurrence ne puissent brusquement disparaître sans que le commerce ait eu le temps de liquider les engagements pris sur la foi de ces tarifs; 2° qu'elles aient un matériel en rapport avec les exigences d'un service régulier; 3° que la traction à raison de 200 kilomètres par jour sur les lignes les plus fréquentées et de 125 sur celles qui le sont moins devienne une réalité; 4° qu'au point de vue de la responsabilité relative à la bonne livraison, le destinataire soit mis en présence de la seule Compagnie qui livre.

Les Compagnies ont laissé, jusqu'à ce jour, intacts les tarifs des voyageurs; ce qui leur a valu cette critique que, si elles ont réduit ceux des marchandises, c'est qu'elles avaient à lutter contre la voie d'eau, dont la concurrence n'existe pas pour le transport des personnes. Elles ont créé les billets d'abonnement, les billets d'aller et retour, les billets de trains de plaisir; elles accordent, plus ou moins facilement, des remises de demi-place aux indigents; elles consentent à des adoucissements de prix pour les membres des congrès scientifiques ou de certaines réunions d'utilité publique; elles sont généreuses pour les employés de l'Etat et surtout pour les journalistes; elles le sont devenues récemment pour les députés et les sénateurs; mais, elles ne sont pas allées au delà de certaines faveurs personnelles. Nous leur rendrons encore la justice de dire que, si elles n'ont pas réduit les tarifs, elles ont amélioré la situation matérielle des voyageurs en chauffant en hiver les vagons des trois classes, en rembourrant les bancs des voitures de la troisième, en attelant des voitures de deuxième classe (et quelques-unes de troisième classe) aux trains rapides; elles ont créé des compartiments spéciaux pour les dames voyageant seules; elles ont établi, à toutes les stations, des fontaines d'eau claire et abondantes, auxquelles les voyageurs peuvent puiser gratuitement, ressource précieuse pendant les chaleurs de l'été. Peut-être consentiraient-elles même, si elles étaient un peu sollicitées, à augmenter la vitesse pour les trains omnibus et à réduire la durée des temps d'arrêt pour les express. Mais, nous le répétons, elles n'ont pas réduit les tarifs. Il est à regretter que le gouvernement, qui a seul action sur elles (la presse, enchaînée par la reconnaissance, étant muette à ce sujet) ne se soit pas occupé de l'amélioration, par voie de réduction des taxes, de cette branche si intéressante des transports. Ne pourrait-il pas leur demander d'étudier la combinaison de la diminution des prix en raison de

(1) Comprend-on que les frais de transport d'un fût de vin de Béziers à Paris coûtent 20 francs et des centimes, parce qu'il emprunte deux réseaux, tandis que, pour une distance égale, mais par la même ligne, il ne coûte que 12 francs?

(2) Expérience personnelle à l'auteur.

l'accroissement des distances, sacrifice en retour duquel l'Etat consentirait à une réduction de l'impôt sur les voyageurs ?

Il n'est personne qui, en voyant passer un train, n'ait été frappé du grand nombre de places vides. Eh bien! il serait facile de les remplir ou par un abaissement de tarif sans distinction de distance, ou ce qui serait préférable, à notre avis, par un abaissement proportionnel à la distance. A une époque où se manifeste le désir sincère des populations des divers pays de se voir, de se connaître, de préparer, d'organiser en commun une ère de paix et de prospérité, il est regrettable que les chemins de fer ne secondent pas une disposition des esprits si favorable aux bonnes relations internationales.

Demandons leur encore de mieux protéger les voyageurs contre le vol, l'assassinat et surtout contre les accidents du fait de l'exploitation.

§ 3. Le rachat par l'Etat. (*a*) *Le rachat au point de vue des intérêts du trésor.* Il y a eu récemment, en France, un mouvement assez vif d'opinion en faveur du rachat des chemins de fer par l'Etat et de leur exploitation, soit par l'Etat lui-même, soit par des Compagnies fermières. Il a même été fortement question de procéder tout d'abord à cette vaste opération par le rachat de la Compagnie d'Orléans. Un rapport parlementaire très étudié avait même conclu dans ce sens, il y a deux années. Le gouvernement, à cette époque, n'était pas défavorable au projet et, sans une énergique manifestation des chambres de commerce, des conseils généraux, et d'une notable partie de la presse, peut-être eût-il obtenu l'adhésion des chambres, dont les membres, peu familiers avec les questions économiques, votent assez aveuglément toutes les mesures dans lesquelles on leur fait entrevoir un élément de popularité.

Un ministre éminent des finances, M. Say, a imposé comme condition de sa rentrée récente aux affaires (il en est sorti depuis), la renonciation absolue au rachat, et quelques jours avant, il avait, dans un recueil économique bien connu, fortement motivé son opinion à ce sujet. Nous ne saurions mieux faire que d'analyser son travail, qui nous paraît décisif au point de vue des intérêts financiers qui se rattachent au rejet du rachat.

M. Say a, tout d'abord, nettement résumé son opinion en ces termes : A toute époque, la reprise des chemins de fer par l'Etat et leur exploitation en régie constituerait une lourde faute économique; mais, aujourd'hui, ce serait plus qu'une faute; ce serait une atteinte portée à la fortune publique. Pour justifier cette opinion, M. Say entend prouver : 1° que le rachat nécessite des opérations de titres et de capitaux qui rendraient impossibles des opérations financières actuellement commencées, et 2° que l'exploitation par l'Etat apporterait un tel trouble au budget, que l'équilibre même pourrait être rompu ; tandis qu'il faudrait, en tout cas, renoncer à tout projet de dégrèvement d'impôts.

Pour les besoins de sa démonstration, M. Say remonte à 1878, alors que, ministre des finances, il contribua à l'adoption du programme de grands travaux publics qu'a sanctionnés la loi de 1879. En 1878, notre pays avait encore deux lourdes charges à liquider : la dette envers la Banque pour le solde des 1,500 millions prêtés au Trésor en 1870-1871, et la reconstitution de notre matériel militaire devant entraîner une dépense de 2 milliards au moins. Dans une pareille situation, on comprend difficilement son adhésion à un projet qui impliquait une dépense de 4 milliards — première estimation — et probablement de 8 milliards.

Voici comment il tente de la justifier :

1° Le budget des recettes, dit-il, était en plein développement et assurait, pour les années à venir, une succession de plus-values certaines (?) et qu'on pouvait presque calculer mathématiquement. Les contributions indirectes devenant la ressource du budget et la répartition, entre les consommateurs, de l'aggravation des charges devenant de plus en plus rapide, il devait s'établir un rapport certain et constant entre le développement de la fortune privée et celui de la fortune publique. Tant que l'une haussait, l'autre devait suivre le mouvement de hausse. Les plus-values de la fortune publique devaient être constantes et croissantes, parce que les plus-values de la richesse privée se produisaient avec la même continuité et le même accroissement;

2° La situation financière redevenait déjà facile et prospère, le chiffre des découverts du Trésor s'atténuait et allait être ramené à celui de 1869, grâce aux excédents réalisés depuis 1875. On pouvait ainsi affirmer qu'une partie des dépenses de la guerre avait été payée sans augmentation de dette. En effet, la guerre a coûté au Trésor 11 milliards 472 millions; tandis que l'accroissement de la dette pour faire face à cette dépense s'élève seulement à 9 milliards 899 millions. L'écart de un demi-milliard entre ces deux chiffres n'a pas été comblé par la dette flottante, les découverts du Trésor ayant été ramenés à leur chiffre primitif, mais par des recettes du budget annuel, fournies par la génération présente;

3° La situation du Trésor étant nette et ses plus-values *certaines* (?), on pouvait prévoir l'exécution du grand projet de travaux publics, mais à la condition de limiter strictement la dépense annuelle à 4 ou 500 millions, chiffre égal au montant des obligations de chemins de fer garanties par l'Etat, que les grandes Compagnies avaient toujours émises sans surcharger l'épargne annuelle du pays. Les Compagnies étant arrivées à la fin de leurs travaux, l'Etat les poursuivait à son compte, émettant des titres de rente amortissables d'une forme analogue aux anciennes obligations et limitait son émission aux sommes que l'épargne avait coutume d'absorber par le canal des grandes Compagnies. Ainsi, en 1878, selon M. Say « les dépenses et les ressources étaient connues, mises en regard les unes des autres; on savait ce qu'on voulait et ce qu'on voulait était pratique. »

Mais, c'est toujours M. Say qui parle, ces prévisions, si bien établies, ont été troublées; l'équilibre du programme de 1878 a été rompu. Voici comment :

« 1° Les plus-values d'impôts se sont produites; mais il est également vrai de dire qu'elles ont été consommées par des ouvertures de crédit au fur et à mesure qu'elles ont été constatées;

« 2° Au lieu de s'en tenir aux travaux primitivement prévus et s'élevant à 4 milliards, des additions ont été consenties sous la pression de députés et, le 19 juillet 1881, le ministre des travaux publics évaluait à 6 milliards l'exécution du projet agrandi de travaux publics, voté en 1879;

« 3° Au moment même où le prix des valeurs s'élève par suite de l'abaissement graduel du taux de l'intérêt, le dernier emprunt d'un milliard en 3 0/0 amortissable n'est pas encore classé » parce que, d'après M. Say, le public voyant grandir sans cesse en nombre et en importance le plan des travaux projetés, s'attend à des émissions successives et espère obtenir la rente au-dessous des cours actuels;

« 4° Le marché financier est en proie à une maladie bien connue : la création des banques nouvelles (1).

D'un autre côté, on a appliqué le principe de l'association aux placements en report; « ce qui a pour effet de surexciter la spéculation, à laquelle on offre des facilités et d'éloigner naturellement la pensée de faire des placements définitifs et de se contenter du revenu régulier qu'on pourrait tirer d'une rente sur l'Etat ou d'une obligation du Trésor. » En présence de cette situation, continue M. Say, il faut procéder « par les méthodes qui apaisent et non par celles qui excitent; il faut donner à tout le monde des raisons de se calmer..... Le premier soin du gouvernement pour calmer les esprits doit être de fermer

(1) Ceci était écrit avant la crise de janvier 1882.

le compte des grands travaux et de suspendre pour plusieurs années, les émissions de rentes amortissables » et, pour arriver à ce résultat, il faut confier aux grandes Compagnies *au moins une partie des dépenses* sur les lignes en construction. Si l'on affecte à ces dépenses urgentes et indispensables 150 à 200 millions par an, M. Say estime qu'on pourra toujours les trouver chez les détenteurs de la petite épargne, celle qui s'adresse à la Caisse d'épargne ou aux receveurs généraux. Au surplus, pour procurer des ressources au Trésor, on pourrait traiter, avec les grandes Compagnies, l'opération du remboursement des avances de l'Etat, lesquelles, au 31 décembre 1881, s'élèvent à 685 millions. De ces moyens et d'autres qu'il indique, de calmer les esprits, M. Say tire naturellement cette conclusion : « que le rachat des chemins de fer serait absolument incompatible avec cette manière d'envisager les choses. »

Ce rachat, rendrait, en effet, inévitables les diverses opérations suivantes : 1° loin de restreindre ses travaux, l'Etat devrait continuer ceux des Compagnies; 2° l'Etat n'aurait plus la ressource du compte des avances à récupérer, ces avances, en cas de rachat, devant servir, jusqu'à due concurrence, à racheter le matériel roulant; 3° l'Etat devrait, néanmoins, conserver, chaque année, un capital de roulement de 6 à 700 millions; 4° outre les anciennes lignes productives et rachetées sur la base de leur produit, l'Etat devrait racheter, pour le capital qu'elles ont coûté, les lignes n'ayant pas quinze années d'existence et souvent d'un très faible revenu; 5° l'Etat devrait pourvoir aux augmentations toujours nécessaires du compte de premier établissement des lignes anciennes et nouvelles, ce qui est inadmissible, « parce que l'Etat a besoin de comptes clos, ces comptes clos étant une des nécessités du crédit public et de l'ordre parlementaire; » 6° on surchargerait le crédit de l'Etat parce que tous les titres créés en représentation du prix de rachat deviendraient dettes directes de l'Etat, au lieu d'être des dettes spéciales.

M. Say aborde, en terminant, un autre ordre d'idées. Avec le rachat, et quoi qu'on en dise, il faut s'attendre, à l'exploitation par l'Etat, et avec l'exploitation par l'Etat, il faut s'attendre à des réductions de tarifs, puisque c'est en vue de ces réductions qu'on demande le rachat. Il arrivera donc ceci : en vertu des conditions mêmes du rachat, l'Etat aura acquis les chemins de fer pour une annuité supérieure au produit net de l'exploitation (surtout par suite de l'acquisition du matériel roulant et de lignes fort peu productives achetées au prix de revient). Il fera donc, dès le début, un sacrifice qui ira s'aggravant chaque fois qu'à la sollicitation inévitable des députés, il accordera des réductions de taxes sur les transports. Le déficit s'établira ainsi et comme il est nécessaire que les recettes et les dépenses s'équilibrent, les excédents actuels disparaîtront et bientôt il faudra demander à l'impôt, sous une forme quelconque, la compensation de la perte subie sur l'exploitation du réseau ferré.

A l'appui de cette prédiction, M. Say cite un extrait d'un discours du ministre belge des finances dans la séance du 20 avril 1880. Ce ministre, en vue de justifier certaines taxes nouvelles récemment établies, constatait que l'Etat exploitait son réseau à perte.

Enfin, comme dernier argument, M. Say signale la difficulté nouvelle d'établir sérieusement les prévisions du budget, travail qui doit se faire quatorze mois avant l'ouverture de l'exercice, le budget de 1883, par exemple, ayant dû être préparé en novembre 1881. Dès maintenant, il arrive que la Chambre, par des décisions imprévues, *modifie les bases du budget présomptif*. Que sera-ce quand recettes et dépenses seront accrues par l'inscription de toutes les recettes et de toutes les dépenses des chemins de fer? « On jetterait dans une confusion volontaire toutes les opérations budgétaires; on introduirait, dans le budget, une cause constamment agissante d'imprévu qui produirait ses effets dans les deux sens, sur les recettes et sur les dépenses. »

Il est évident que, dans une pareille situation, il faudrait renoncer à l'étude des dégrevements nouveaux que le pays attend encore, comme suite aux 376 millions de réductions accordées de 1879 à 1882. « Beaucoup d'emprunts et point de dégrevements, telle serait la conclusion logique de la politique du rachat des chemins de fer, » et tel est le résumé de l'étude de M. Say.

Nous pouvons ajouter que le gouvernement prussien avait fondé de grandes espérances sur le rachat par l'Etat des lignes jusqu'alors exploitées par les Compagnies et sur la création d'un ministère des chemins de fer qui en était la conséquence. On n'a peut-être pas oublié avec quelle ténacité M. de Bismark a poursuivi l'exécution de cette double mesure, qui avait soulevé, dans l'opinion publique et dans les Chambres, une opposition très accentuée. Pour vaincre les dernières résistances, le grand chancelier avait fait valoir la nécessité, au point de vue militaire, de donner à l'Etat le monopole des transports par la voie ferrée. Ce monopole devait, d'ailleurs, amener l'unification et l'abaissement des tarifs, la jonction avec les lignes autrichiennes, etc., etc.

Aujourd'hui, après une expérience de plusieurs années, on peut se rendre compte de la valeur des promesses de l'auteur de cette expérience. Les tarifs sont-ils unifiés? Ont-ils été simplifiés? Les économies promises ont-elles été réalisées? Le commerce, l'industrie, les contribuables ont-ils eu à se louer du rachat? Le gouvernement a-t-il réalisé ses plans d'amélioration qui devait placer le réseau allemand au-dessus des autres réseaux de l'Europe? Il répond, il est vrai, que ces plans ne pourront se réaliser que lorsqu'il aura entre ses mains, si ce n'est la totalité, au moins toutes les lignes importantes du réseau et il continue à traiter avec les dernières Compagnies, auxquelles il offre, d'ailleurs, des conditions favorables, les menaçant, en cas de résistance, d'entraver leurs transports, soit par interdiction du passage sur les lignes que l'Etat possède, soit par un jeu de tarifs qui les obligerait à exploiter sans profit.

Le rachat par l'Etat, en France, lui ferait perdre immédiatement une très notable partie du revenu que lui procure l'exploitation par les Compagnies, soit directement par des recettes, soit indirectement par des économies qu'il réalise sur ses transports. Ce revenu, qui atteint déjà 250 millions, est destiné à suivre le mouvement toujours ascendant de l'usage de la voie ferrée. Le budget peut-il s'en passer? Nous ne le croyons pas.

Les actionnaires recevraient une annuité égale à celle qu'ils touchent aujourd'hui; mais ils perdraient la légitime espérance de voir leur revenu grandir, lorsque le réseau, non seulement pourra se passer de la garantie d'intérêt, ce qui ne saurait tarder, mais encore sera en mesure d'acquitter sa dette envers l'Etat; or, le moment de ce remboursement n'est pas éloigné.

(*b*) *Le rachat au point de vue du public.* Une somme considérable d'excellentes valeurs disparaîtrait du marché pour faire place à des titres qui peuvent ne pas inspirer à tous la même confiance. Ce n'est pas, en effet, sans de fortes préoccupations qu'on voit la situation financière de l'Etat compromise par des projets de travaux publics sans fin et, pour beaucoup, d'une utilité douteuse, ou par d'autres projets de dépenses de toute nature qui sont, pour leurs auteurs, de véritables réclames électorales sans que, ni le gouvernement, ni la commission du budget aient le courage de les repousser énergiquement.

Avec le *régime actuel*, le voyageur ou l'expéditeur qui se croit lésé dans ses intérêts par un acte quelconque d'une Compagnie, a la faculté ou de saisir les tribunaux, ou d'adresser une plainte au ministère compétent. Il est vrai que dans ce dernier cas, il n'est statué qu'après

d'interminables délais. Avec l'exploitation par l'Etat, la violation des règlements resterait sans redressement, à moins d'aller plaider devant le Conseil de préfecture, juridiction fort peu indépendante, puis devant le Conseil d'Etat, dont les attaches avec le gouvernement ne sont pas moins étroites.

Partout, comme nous l'avons vu, l'Etat exploite plus chèrement que les Compagnies. Voici quelques autres faits recueillis récemment à ce sujet.

D'après M. Bauer, ingénieur des ponts et chaussées, les coefficients d'exploitation auraient été, en 1875, les suivants dans les pays ci-après (pour cent de la recette) :

	Etat	Compagnies
Allemagne	64.68	54.90
Hongrie.	68.88	52.43
Suède.	70.00	60.00
Belgique	63.39	59.93

Si l'Etat belge a abaissé notablement ses tarifs pour les marchandises et les voyageurs, il ne l'a fait qu'en comblant les insuffisances de recettes avec des aggravations d'impôts. Dans le compte rendu officiel présenté aux Chambres belges, le 30 juillet 1879, on trouve que les excédents des dépenses sur les recettes du réseau de l'Etat ont été comme suit de 1873 à 1878 :

1873 . . .	8.223.709	1876 . . .	2.962.143
1874 . . .	6.047.734	1877 . . .	5.521.918
1875 . . .	5.272.256	1878 . . .	3.342.402

Exemple plus péremptoire encore. Lorsque les lignes du Grand Duché de Luxembourg sont devenues, en 1872, la propriété de l'Etat belge, le coefficient de l'exploitation, de 54 qu'il était pour les Compagnies, s'est immédiatement relevé à 75 0/0 en 1873. En France, le rapport des frais d'exploitation aux recettes ne dépasse pas 50 0/0 pour les six grands réseaux.

A diverses époques, l'Etat, en France, a dû prendre en main l'exploitation de chemins ou en liquidation ou non encore concédés, et il l'a fait dans les plus mauvaises conditions. Nous comprenons, dans une certaine mesure, l'exploitation par l'Etat en Prusse, où la discipline militaire règne même dans les administrations civiles, et où, par conséquent, on est certain de trouver un service régulier et minutieusement ponctuel. Mais, en France, le pays par excellence de l'incurie et de la routine administratives, on ne pourrait compter ni sur l'exécution rigoureuse des règlements, ni sur une satisfaction progressive aux besoins du public, encore moins sur des économies dans l'exploitation. Au contraire, entre les mains de l'Etat, le chemin de fer verrait s'accroître, dans les proportions les plus abusives, le personnel de la gestion à tous ses degrés. Ne vient-on pas d'en avoir la preuve par l'admission récente de créatures politiques dans l'administration, déjà trop nombreuse, du réseau de l'Etat.

L'exploitation par l'Etat serait, en outre, entre ses mains, un instrument politique. Elle servirait à *punir*, par un exhaussement de tarifs ou toute autre mesure analogue, les localités qui auraient envoyé à la Chambre ou dans les conseils généraux des adversaires du gouvernement du moment. Elle servirait, en outre, à créer des sinécures pour les anciens ministres, les anciens députés, les anciens préfets, etc.

L'Etat, en France, administre en toute chose, à des prix excessifs. Manufacturier ou agriculteur, il est de beaucoup inférieur à l'industrie privée, soit pour la qualité des produits, soit par leur prix de revient.

Mentionnons, en terminant sur ce point, que la commission d'enquête instituée par le gouvernement italien pour étudier le meilleur régime d'exploitation des chemins de fer — dont l'Etat est aujourd'hui en grande partie propriétaire — s'est prononcée à l'unanimité contre le système de l'exploitation par l'Etat, et en faveur de l'administration et de l'exploitation par les Compagnies (avril 1881).

(c) *L'exploitation par des Compagnies fermières.* Un député, en demandant le rachat par l'Etat, estimait que l'exploitation ne devait pas lui être confiée, parce qu'il reconnaissait que les agents de l'Etat n'ont pas, en général, les aptitudes qu'exige une opération qui est essentiellement commerciale. Par suite, il demandait qu'elle fut confiée à des Compagnies fermières.

Ces Compagnies — en supposant qu'il s'en formât — ou auraient une entière liberté d'action en ce qui concerne la tarification, et alors on ne comprendrait pas qu'on dépossédât les Compagnies actuelles, qui n'ont pas cette liberté ; — ou elles seraient obligées d'appliquer les tarifs sensiblement réduits demandés par les partisans du rachat et que l'Etat leur imposerait, tarifs uniformes pour chaque classe de marchandises et décroissant selon la distance, à l'exclusion probablement des tarifs spéciaux. Dans ce cas, qui impliquerait de nombreux relèvements des taxes actuelles, les Compagnies verraient certainement diminuer leur trafic et se trouveraient ainsi dans l'impossibilité de payer à l'Etat le produit minimum qu'elles se seraient engagées à lui servir. Elles devraient alors demander, soit la réduction de ce produit, soit une certaine liberté d'action pour le maniement des tarifs, et si elles n'obtenaient ni l'une ni l'autre de ces concessions, elles devraient liquider, dussent-elles perdre le cautionnement qu'elles auraient versé. L'Etat serait alors obligé de prendre en main l'exploitation et de renouveler l'expérience du gouvernement belge, qui, en abaissant fortement les tarifs, a dû demander aux Chambres le crédit destiné à couvrir le déficit qui s'est établi entre les recettes et les dépenses.

Un dernier mot. A quoi bon exproprier les Compagnies quand, dans un délai qui, pour beaucoup d'entre-elles, n'est plus très éloigné, l'Etat entrera en possession à titre gratuit — sauf en ce qui concerne le matériel — de la totalité du réseau?

§ 3. L'EXPLOITATION DANS SES RAPPORTS AVEC LES ACCIDENTS. Au point de vue de la sécurité des voyageurs, nos chemins de fer supportent avantageusement la comparaison avec les réseaux étrangers.

(a) *Les accidents de chemins de fer en France.* D'après un mémoire de M. l'ingénieur Sartiaux (*Annales des ponts et chaussées,* année 1877), on aurait compté, au temps des messageries, 1 voyageur tué sur 300,000 et 1 blessé sur 30,000 (l'auteur ne fait pas connaître les éléments de ce calcul, qui pourrait bien être exagéré). Depuis l'ère des chemins de fer, il distingue, au point de vue de la fréquence des accidents, trois périodes. Dans la première, comprenant les années 1835-55, on aurait compté, en France, 1 voyageur tué pour 2 millions transportés et 1 blessé pour 500,000 ; dans la deuxième, de 1855 à 1875, 1 tué pour 6 millions et 1 blessé pour 600,000 ; dans la troisième, de 1876 à 1878, 1 tué pour 45 millions (?) transportés et 1 blessé pour 1 million.

La diminution, comme on voit, serait considérable. L'auteur de ce document la rend sensible sous la forme suivante. Supposons, dit-il, qu'une personne voyage constamment en chemin de fer, en parcourant une distance moyenne de 30 kilomètres par jour à la vtesse de 50 kilomètres par heure ; elle aurait les chances suivantes d'être tuée dans les trois périodes :

1835-55.	en 321 ans
1855-75.	en 1.014 —
1876-78.	en 7.439 —

Le tableau suivant, publié par le ministère des travaux publics, répartit comme suit, les accidents de 1868 à 1877 entre les six grands réseaux :

Années	P.-L.-M.	Nord	Ouest	Est	Orléans	Midi
1868	23	9	8	9	10	5
1869	30	9	10	15	5	4
1870	32	7	7	15	17	3
1871	62	7	12	13	10	1
1872	31	25	14	5	10	3
1873	39	8	9	14	11	5
1874	22	21	11	6	4	13
1875	20	15	13	8	9	3
1876	25	19	14	6	9	3
1877	11	4	12	10	12	6
	295	124	110	101	97	46

En ce qui concerne la Compagnie P.-L.-M., le nombre des accidents a presque constamment diminué depuis 1871 — année de guerre qui en a vu le plus grand nombre avec le plus faible chiffre de voyageurs transportés — malgré l'accroissement des voyageurs et le développement du réseau. Le Nord a été moins heureux : depuis 1873, ses accidents se sont notablement accrus. On peut en dire autant de l'ouest. Les trois autres lignes sont plus favorisées. Toutefois, les nombres ne suffisent pas pour apprécier le degré de sécurité que présente chaque ligne. Il importerait, en outre, de connaître pour chacune d'elles le nombre des voyageurs et celui des trains de toute classe expédiés par jour, la longueur moyenne du trajet par train (les chances d'accident augmentant avec cette longueur), la vitesse moyenne, etc., etc. Beaucoup d'accidents, surtout à l'intérieur des gares et dont les agents de la traction sont seuls victimes, n'arrivent pas à la connaissance de l'administration ; on peut en dire autant des accidents légers qui ne déterminent que des contusions ou de très légères blessures.

Les 773 accidents, survenus de 1868 à 1877 ont atteint 2,376 personnes, dont 218 ont été tuées et 2,158 blessées. Le nombre des morts et des blessés se répartit par année comme suit :

	tués	blessés		tués	blessés
1868. . .	4	144	1873. . .	0	140
1869. . .	2	135	1874. . .	1	155
1870. . .	35	381	1875. . .	3	82
1871. . .	155	678	1876. . .	6	131
1872. . .	7	109	1877. . .	5	203

Les maxima des tués et blessés tombent sur les deux années de guerre 1870 et 1871. On ne constate aucun accident mortel en 1873.

En rapportant les tués et blessés au nombre des accidents (773), on a, par accident, une moyenne de 0,282 tué et 2,79 blessés.

Les deux tableaux qui précèdent nous laissent ignorer la part des voyageurs, des agents et ouvriers des Compagnies, enfin des autres personnes dans le total des tués et blessés, ainsi que le nombre des victimes par le fait de l'exploitation ou par leur imprudence. Tout ce que nous savons à ce sujet, c'est que, sur 20 voyageurs tués en 1878, 5 seulement l'auraient été par le fait de l'exploitation et 12 par leur imprudence, 3 se seraient suicidés.

Nous n'avons pu nous procurer que pour une seule année et de date très ancienne (1862), la part, dans les accidents, des voyageurs, des agents des Compagnies et des autres personnes ; mais nous avons toutes raisons de croire que les rapports afférents à cette année se sont reproduits dans les années suivantes.

Voici le document.

	Accidents de personnes								
	Par le fait de l'exploitation			Par l'imprudence des victimes			Par d'autres causes		
	Tués	Blessés	Total	Tués	Blessés	Total	Tués	Blessés	Total
Voyageurs.	1	53	54	9	35	44	2	3	5
Agents.	14	74	88	92	299	391	23	98	121
Autres.	4	7	11	39	51	90	21	9	30
	19	134	153	140	385	525	46	110	156

On voit que la part des agents des Compagnies dans les accidents est sensiblement supérieure à celle des voyageurs.

Ce fait est confirmé par le document suivant dont la forme, à notre regret, n'est pas la même. Il s'agit des accidents de 1856 à 1862 en France :

	Accidents par le fait de l'exploitation			Accidents indépendants de l'exploitation		
	Tués	Blessés	Total	Tués	Blessés	Total
Voyageurs.	17	614	631	55	280	335
Agents.	67	459	526	635	2.076	2.711
Autres.	13	64	77	305	322	627
	97	1.137	1.234	995	2.678	3.673

Si nous connaissions le nombre moyen des agents de la voie dans cette période septennale, nous aurions, comparativement aux voyageurs, un rapport d'accidents vraiment effrayant.

Remarquons au sujet des accidents de chemins de fer, que les statistiques officielles de cette nature sont assez rares en France. Faut-il en conclure qu'en les publiant chaque année, comme on le fait en Angleterre et en Allemagne, on compromettrait le trafic des Compagnies en ce qui concerne les voyageurs? Mais nos populations ne s'effraieraient pas plus facilement que celles des deux pays que nous venons de nommer, d'une publication annuelle à ce sujet.

Remarquons, en outre, que nous ne savons rien, en France, de la nature des accidents (collisions déraillements, etc., etc.).

L'administration s'est d'ailleurs préoccupée, à diverses reprises, des moyens de conjurer le plus possible les chances d'accidents de chemins de fer. La dernière circulaire à ce sujet du ministre des travaux publics est du mois d'octobre 1880. En voici les principaux passages.

« A la suite du grave accident survenu sur le réseau de

l'ouest, le 5 août 1879, entre Flers et Monsecret, l'administration s'est préoccupée de rechercher les mesures qui pourraient être prises en vue de prévenir le retour d'événements aussi désastreux. Le 26 du même mois, d'après les ordres de mon prédécesseur, une commission a été instituée à l'effet de procéder à une enquête sur la situation des différents réseaux au point de vue des moyens dont les Compagnies peuvent disposer pour assurer la sécurité des trains. Cette enquête a pu être conduite rapidement, grâce au zèle de la commission et au concours actif des Compagnies. Elle a permis de constater que les Compagnies se préoccupent sérieusement d'augmenter, sur leurs réseaux, les conditions de sécurité de l'exploitation et qu'elles y travaillent toutes dans la mesure des exigences de leur trafic. La commission estime toutefois que la situation peut s'améliorer encore, sans qu'il soit nécessaire de recourir à aucune invention nouvelle qui n'aurait pas été sanctionnée par la pratique. Il suffirait, dans sa pensée, de développer, sur les divers réseaux, l'emploi de systèmes perfectionnés, expérimentés et adoptés déjà par certaines Compagnies. Ainsi elle émet l'avis qu'il y a lieu de recommander aux Compagnies l'emploi d'appareils avertisseurs ou protecteurs aux passages à niveau, eu égard à leur fréquentation et à leur situation. Déjà par une circulaire du 3 septembre 1879, les Compagnies ont été invitées: 1° à procéder, de concert avec les services du contrôle, à une révision générale de leurs passages à niveau, en vue de déterminer ceux de ces passages qui, à raison de leur situation particulière, auraient besoin d'être protégés plus spécialement; 2° à proposer les mesures dont cette révision aurait fait reconnaître l'opportunité.

« Dans l'opinion de la commission, il conviendrait d'inviter les Compagnies à appliquer progressivement les appareils d'enclenchement (sans désignation d'aucun système particulier) 1° à toutes les bifurcations; 2° à tous les groupes d'aiguilles intéressant la sécurité de la circulation sur les voies principales. Il serait désirable, enfin, que toute aiguille isolée donnant accès sur les voies fut munie d'un appareil ne permettant de les engager que lorsque le signal qui les protège est à l'arrêt.

« La commission estime encore qu'il y a lieu d'inviter les Compagnies à exécuter désormais, dans toute son étendue, l'art. 23 de l'ordonnance de 1846, et de donner, en outre, aux voyageurs le moyen de faire appel aux agents du train. Elles doivent, aux termes de cet article, donner aux conducteurs gardes-frein un moyen sûr et efficace de communiquer avec le mécanicien, soit directement, soit par l'intermédiaire de l'un d'entre eux. Elles doivent également prendre les mesures nécessaires pour donner aux voyageurs dans toutes les voitures à cloisons séparatives complètes, le moyen de faire appel aux agents, et pour que, dans tous les trains, l'un des agents au moins puisse circuler le long des voitures.

« Toujours suivant la commission d'enquête, il convient de signaler aux Compagnies l'utilité d'employer le *Block system* (V. ce mot) sur toutes les sections de lignes où le trafic atteint un mouvement de cinq trains à l'heure, dans le même sens, à certaines heures de la journée; de les inviter à faire l'application du système de cantonnement à certains points particuliers de leurs réseaux, tels que les points de ramification ou de rebroussement de lignes; de leur recommander le *Block system* comme offrant le plus de garantie de sécurité, en laissant à leur initiative le choix du système de cantonnement, ainsi que celui des appareils destinés à en effectuer la réalisation.

« La commission exprime l'avis qu'il y a lieu d'inviter les Compagnies à munir de freins continus tous les trains de voyageurs dont la vitesse normale de pleine marche atteint 60 kilomètres à l'heure, en y ajoutant, bien entendu, l'usage constant de la contre-vapeur.

« ..... j'estime, avec la commission, qu'en dehors des tentatives qui pourraient être faites pour améliorer l'action des freins en général, il convient de donner, dès aujourd'hui, à la circulation des trains de voyageurs un surcroît de garantie fort important, en les munissant de freins continus, placés sous la main du mécanicien et des gardes-frein, sans préjudice de l'emploi normal de la contre-vapeur, sur tous les trains de voyageurs dont la vitesse de pleine marche atteint 60 kilomètres à l'heure.

« .... Enfin, la commission d'enquête estime qu'il convient de demander aux Compagnies l'application progressive, sur les sections à voie unique qui ont plus de six trains réguliers dans chaque sens en 24 heures, soit des cloches électriques, soit, si elles le préfèrent, du *Block system* à signaux intérieurs, en commençant par les sections à la fois les plus chargées de trafic et les plus longues, et, de préférence, par celles de ces sections sur lesquelles circulent des trains qui ne s'arrêtent pas à toutes les stations. Quant aux sections d'une fréquentation moindre, bien que les règlements actuels paraissent y garantir suffisamment la sécurité publique, je pense, avec la commission, que l'on obtiendrait un surcroît de sécurité en ce qui les concerne, en combinant l'application de ces règlements avec l'usage du système anglais dit du *Bâton*, lequel constitue, en réalité, une sorte de pilotage qui rend toutes rencontres de trains impossibles. »

Le ministre termine en invitant les Compagnies à déférer aux recommandations de la commission dans des délais qu'il détermine. Cette circulaire avait été précédée d'instructions dans le même sens des 25 mars 1876, 31 janvier 1877, 13 mai et 19 décembre 1879, 28 juin et 12 juillet 1880. Disons, à ce sujet, que le *Block system* nouveau consiste à diviser les lignes en sections sur lesquelles un train ne peut être lancé que lorsque le train précédent en est sorti. Que l'on suppose une section comprenant, à une de ses extrémités, Maisons-Alfort, à l'autre, Charenton; nul train ne dépasserait Charenton sans que la station télégraphique suivante ait prévenu que la voie est libre dans toute l'étendue de la station, ainsi que la gare elle-même. Il existe ainsi une imposibilité absolue de collision, comme l'indique l'expression anglaise « *the absolute block* » le blocus complet. Depuis l'application de ce système aux lignes anglaises, on assure que les collisions y ont été réduites dans la proportion de 25 à 13.

La commission d'enquête, aux travaux de laquelle la circulaire ci-dessus se réfère, a déclaré que la Compagnie de Lyon est une de celles qui, en France, marchent à la tête du progrès au point de vue des mesures prises pour conjurer les chances d'accidents. Il ne faut pas perdre de vue que cette Compagnie dispose d'un réseau d'un développement de 3,765 kilomètres pour les lignes à double voie et de 2,475 kilomètres pour les lignes à voie unique. Les statistiques officielles permettent d'ailleurs de mesurer les progrès réalisés par chacune de nos grandes Compagnies au point de vue soit de la régularité de la marche, soit de la sécurité.

Voici, en ce qui concerne les retards, cause la plus fréquente des accidents, la situation des six grandes Compagnies, auxquelles s'ajoute le septième grand réseau, celui de l'Etat. Cette situation se rapporte au mois de juillet 1881, le dernier dont le ministère des travaux publics ait pu, jusqu'à ce jour, résumer la statistique. En comparant le nombre des trains en retard à celui des trains ayant circulé dans les deux sens, le rapport pour 100 afférent à chaque Compagnie ressort comme il suit:

Ouest	0.44	Nord	1.70
P.-L.-M.	0.54	Est	2 77
Orléans	0.97	Etat	3.13
Midi	1.15		

On voit que le réseau qui présente le coefficient de retard le plus élevé, est celui de l'Etat. On pouvait le prévoir d'avance. Le réseau qui a le coefficient le plus

faible est celui de l'Ouest. Mais, pour connaître la situation exacte à ce sujet, il conviendrait de tenir compte de la différence des parcours ; car plus long est le parcours d'un train, plus il y a de chances de retard. Or, le réseau de P.-L.-M. étant, de beaucoup, le plus considérable, on doit reconnaître que la commission d'enquête ne s'est pas trompée en lui attribuant le premier rang en ce qui concerne la régularité de la marche de ses trains.

Les prescriptions ministérielles sur les mesures de sûreté à prendre par les Compagnies ne peuvent que produire un excellent effet ; mais, l'administration ne dispose pas à leur égard d'un droit de coercition. C'est donc encore l'intérêt même des Compagnies qui doit être leur conseillère la plus écoutée, obligées qu'elles sont de payer de fortes indemnités en cas d'accidents graves par le fait de l'exploitation, accidents toujours suivis, en outre, d'une diminution du transport des voyageurs au moins pendant un certain temps.

Au point de vue des causes de collisions, il en est une qui, dans ces dernières années, a vivement appelé l'attention des Compagnies, c'est la difficulté, pour les mécaniciens et conducteurs de trains, difficulté soit congénitale, soit survenue postérieurement à la naissance et notamment à l'occasion d'un service prolongé sur la voie de fer, de distinguer certaines couleurs. Des expériences faites par l'ordre des Compagnies non seulement en France, mais encore à l'étranger, ont prouvé que de 2 à 5 0/0 mécaniciens, chauffeurs et conducteurs de train ne distinguaient pas certaines couleurs, et ne pouvaient, par conséquent, se rendre compte de certains signaux indiquant la voie libre ou occupée. Nous parlons ailleurs de cette infirmité.

L'affaiblissement plus ou moins sensible de l'ouïe, et, par conséquent, la difficulté d'entendre les avertissements oraux et les signaux détonants, a également été constaté chez les mécaniciens et les chauffeurs. Voici les résultats des recherches à ce sujet du docteur Hedinger de Stuttgard, résultats insérés dans la *Revue médicale hebdomadaire* (allemande) de fin mars 1882. Elles sont résumées dans le tableau ci-après, qui indique, pour chaque période d'années de service, la distance à laquelle les mécaniciens et chauffeurs, peuvent entendre un son d'une intensité déterminée.

Durée des services	Nombre des examinés	De 5 à 2 mètres		De 2 à 1 mètre		De 1 à 1 mètre	
		Total	0/0	Total	0/0	Total	0/0
ans							
1 à 5	24	15	46	7	29	6	25
5 à 10	37	14	38	10	27	13	35
10 à 15	44	8	18	14	32	22	50
15 à 20	25	6	24	4	16	15	50
20 à 25	10	»	»	1	10	9	90
25 à 32	8	»	»	2	25	6	75

On voit que l'affaiblissement de l'ouïe va toujours augmentant avec le nombre des années de service. Pour 75 mécaniciens, dit l'auteur, l'intensité de l'ouïe avait déjà diminué de 50 0/0 après 10 années de service, et, à 30 années de service, de 100 0/0 chez 73 chauffeurs ; la diminution avait été, de 5 à 25 années, de 25 à 55 0/0.

(*b*) *Les accidents sur les chemins de fer étrangers.* Voici, au point de vue du nombre des accidents, quelques comparaisons avec les réseaux étrangers. Nous procéderons par ordre alphabétique de noms de pays.

Allemagne. En 1871, d'après une publication de l'association des chemins de fer allemands, on a compté, pour 66 chemins dont 26 appartenant à l'Etat ou exploités par l'Etat (longueurs non indiquées) 817 victimes d'accidents, dont 378 tuées et 439 blessées (nombre de voyageurs non indiqué).

En 1873, nous avons les documents plus détaillés ci-après. Le rapport distingue les accidents sur des trains en mouvement et sur des trains en repos dans les gares. Les accidents de la première catégorie ont été au nombre de 170 par le fait de l'exploitation, et le nombre des victimes a monté à 397, dont 360 blessés et 37 tués. Parmi ces victimes, les agents de la voie figurent pour 217 blessés et 35 tués. On a compté, en outre, 553 tués et 323 blessés par le fait de leur imprudence. Les agents de la voie ont figuré dans ces nombres pour 259 tués et 231 blessés. — Les accidents de la deuxième catégorie (trains en repos dans les gares) ont fait le nombre ci-après de victimes d'après leurs causes :

Nombre d'accidents	Voyageurs		Agents de la voie	
	tués	blessés	tués	blessés
1° *Par le fait de l'exploitation.*				
94	5	2	35	60
2° *Par leur faute.*				
?	44	57	531	214

Comme résultats généraux, on a compté 885 tués et 1,336 blessés ; 1,039 blessés ou 77,6 0/0 étaient des agents ou ouvriers de la voie ; 543 tués ou 61,3 0/0 appartenaient à la même catégorie de victimes. Le nombre des voyageurs transportés a monté à 179,507,032.

En 1875, la direction des chemins de fer de l'empire allemand (et non plus la direction de l'association des mêmes chemins) a constaté le nombre ci-après de victimes d'accidents de chemins de fer par le fait de l'exploitation (chemins de la Bavière non compris.) :

	Tués	Blessés	Total
Voyageurs	15	70	85
Agents de la voie	190	765	955
Ouvriers de la voie. . . .	169	656	825
Autres personnes	135	94	229
	509	1.585	2.094

On a compté 1 voyageur tué sur 11,402,067 transportés et 1 blessé sur 2,443,300. Dans ces nombres ne sont pas compris 134 suicides ou tentatives, par suite desquels 120 personnes ont succombé et 14 ont été blessées. On a compté 1 blessé pour 161 agents de la voie et 1 tué pour 648.

En 1876, la même administration a publié un travail de même nature, auquel nous empruntons le document suivant relatif aux accidents par le fait de l'exploitation :

	Tués	Blessés	Total
Voyageurs	15	60	75
Agents de la voie.. . . .	154	688	842
Ouvriers de la voie.. . .	135	485	620
Autres	152	146	298
	456	1.379	1.835

On a compté, en outre, 110 suicides et 12 tentatives avec blessures.

1 voyageur a été tué sur 11,830,447 transportés et 1 a été blessé sur 2,957,611 (contre 1 tué sur 11,402,067 et 1 blessé sur 2,443,300 en 1875. Il a été tué 1 agent de la voie sur 819 et blessé 1 sur 183.

En 1878, on a relevé le nombre ci-après de victimes d'accidents de chemins de fer par le fait de l'exploitation :

	Tués	Blessés	Total
Voyageurs	24	64	88
Agents de la voie	139	598	737
Ouvriers de la voie. . . .	97	440	537
Autres	140	139	279
	400	1.241	1.641

On a compté 1 voyageur tué sur 7,245,558 transportés et 1 blessé sur 2,717,084. Le nombre des suicides a été de 122 et celui des tentatives, accompagnées de blessures, de 13.

Voici les mêmes documents pour 1879 (accidents par le fait de l'exploitation :

	Tués	Blessés	Total
Voyageurs	13	106	119
Agents de la voie.	137	647	784
Ouvriers de la voie. . . .	118	453	571
Autres	143	116	259
	411	1.322	1.733

Il a été tué 1 voyageur sur 13,058,091 transportés et blessé 1 sur 1,601,464.

Le nombre des voyageurs transportés pour 1 tué et 1 blessé a été comme suit dans la période de 1876-1879.

Années	Voyageurs transportés	
	pour 1 tué	pour 1 blessé
1879	13.058.091	1.601.464
1878	7.245.559	2.717.084
1877	11.879.523	1.673.484
1876	11.830.447	2.957.611
1875	11.402.067	2.443.300

Voici le même document pour les agents ou ouvriers de la voie tués ou blessés :

Années	Nombre	
	pour 1 tué	pour 1 blessé
1879	946	200
1878	919	215
1877	703	199
1876	819	183

Sauf en 1878, année dans laquelle on a compté un certain nombre d'accidents graves, le rapport des victimes aux transportés a été diminuant, quoique dans d'assez faibles proportions. L'année 1879 a vu le moins grand nombre de victimes de toute la période.

Le nombre des accidents a varié comme suit de 1879 à 1875, moins 1877, année pour laquelle ce renseignement nous manque.

Années	Accidents de trains			Total
	en marc.	en gare	Autres	
1879	541	844	1.342	2.727
1878	510	675	1.030	2.215
1876	1.601		887	2.488
1875	2.131		1.250	3.381

Angleterre. Les quatre tableaux (*a, b, c, d.*) suivants, empruntés aux documents officiels, résument les faits les plus saillants relatifs aux accidents de chemins de fer.

Il résulte de l'examen du premier de ces trois tableaux que le nombre absolu des voyageurs tués, malgré des oscillations, a diminué. En effet, la moyenne annuelle de 1873 à 1876 a été de 167, et de 1877 à 1880 de 138. Le nombre moyen annuel des voyageurs blessés est tombé, de 1,504 en 1873-1876, à 1,489 de 1877 à 1880. Le même tableau met en lumière la part énorme des agents de l'exploitation dans le total des victimes. Toutefois le nombre moyen annuel des tués et des blessés de cette catégorie à diminué. Il est tombé, pour les tués, de 732 de 1873 à 1876, à 546 en 1877-1880; pour les blessés, de 2,952 à 2,049. Il est certain que les mesures de précaution prises par les Compagnies devaient bénéficier aux agents autant qu'aux voyageurs. Le nombre des victimes appartenant à la catégorie des personnes étrangères à l'exploitation a, au contraire, augmenté : 398 de 1873 à 1876, et 404 de 1877 à 1880.

En résumé, le nombre moyen annuel total des victimes (tués ou blessés) d'accidents est tombé, dans la période

(*a*) *Nombre total des victimes de 1873 à 1880.*

		Tués	Blessés	Total
1873	Voyageurs.	125	368	493
	Agents de la voie. . .	705	2.275	2.980
	Autres.	340	189	534
		1.175	2.832	4.007
1874	Voyageurs.	211	1.981	2.192
	Agents de la voie. . .	788	2.815	3.603
	Autres.	425	215	640
		1.424	5.011	6.435
1875	Voyageurs.	134	1.806	1.940
	Agents de la voie. . .	765	3.618	4.383
	Autres.	391	331	722
		1.290	5.755	7.045
1876	Voyageurs.	139	1.883	2.022
	Agents de la voie. . .	673	3.100	3.773
	Autres.	433	241	674
		1.245	5.224	6.469
1877	Voyageurs	126	1.283	1.409
	Agents de la voie. . .	642	2.163	2.805
	Autres.	366	259	625
		1.134	3.705	4.839
1878	Voyageurs	125	1.752	1.877
	Agents de la voie. . .	544	2.003	2.547
	Autres.	384	252	636
		1.053	4.007	5.060
1879	Voyageurs	160	1.307	1.467
	Agents de la voie. . .	452	1.951	2.403
	Autres.	420	255	675
		1.032	3.513	4.545
1880	Voyageurs	143	1.613	1.756
	Agents de la voie. . .	546	2.080	2.626
	Autres.	447	265	712
		1.136	3.958	5.094

(*b*) *Voyageurs tués par un fait de l'exploitation.*

Périodes et années	Voyageurs	Voyageurs transportés (billets d'abonnement non compris)	Voyageurs transportés pour 1 tué
1847-49	36	173.158.772	4.782.188
1856-59	64	557.338.326	8.708.411
1866-69	91	1.177.646.573	12.941.170
1870-73	142	1.589.912.975	11.196.570
1874-77	152	2.074.721.360	13.650.000
1878	24	565.024.455	23.540.000
1879	75 (1)	562.732.890	7.503.000
1880	29	603.884.000	20.927.034

(1) En dehors de la catastrophe du pont du Tay, qui a fait 73 victimes, il n'y a eu, en 1879, que 2 voyageurs tués.

(c) *Résultats généraux de l'exploitation.*

Années	Longueur exploitée au 31 déc. (en mil. de 1,609 m.)	Longueur munie du Block-system à télégraphe	Pour cent de la longueur totale	Milles parcourus (en millions)	Voyageurs (en millions)	Tonnes de marchand. (en mil. de ton. de 1,016 kil.)
1873	16.082	6.217	38.7	197.3	455.3	191.0
1874	16.449	7.386	44.9	200.5	477.8	188.5
1875	16.658	8.133	48.8	209.5	507.0	200.1
1876	16.872	9.088	53.9	215.7	538.3	206.0
1877	17.077	8.718	56.9	219.9	551.6	212.0
1878	17.359	10.287	59.3	222.4	565.0	206.7
1879	17.696	11.012	62.2	225.8	562.7	212.2
1880	17.933	11.597	64.7	240.9	603.9	235.2

(d) *Accidents par le fait de l'exploitation.*

Années	Accidents			Accidents pour 1 million		Accidents pour 1 million	
	Total	dont par collisions		de milles parcourus	dont par collisions	de voyageurs	dont par collisions
		Total	P. cent				
1873	459	253	55.1	2.3	1.3	1.0	0.6
1874	603	319	52.9	3.0	1.5	1.3	0.7
1875	648	318	49.1	3.1	1.5	1.3	0.6
1876	539	244	45.3	2.5	1.1	1.0	0.5
1877	395	182	46.1	1.8	0.8	0.7	0.3
1878	363	179	49.3	1.6	0.8	0.6	0.3
1879	330	154	46.7	1.6	0.7	0.6	0.3
1880	322	134	41.6	1.3	0.5	0.5	0.2

que nous examinons, de 5,739 de 1873 à 1876, à 4,884 de 1877 à 1880.

On trouve, dans le document officiel relatif aux accidents de 1873, ce renseignement curieux que, tandis que 1,290 personnes (en y comprenant celles qui ont été tuées à l'intérieur des gares) dont 1,185 hommes et 194 femmes ont péri à l'occasion de l'exploitation des chemins de fer en 1873, le transport sur la voie de terre a fait, la même année, 1,250 victimes, dont 1,056 hommes et 194 femmes.

Le deuxième tableau confirme le précédent en montrant que le nombre des voyageurs pour 1 tué a presque constamment augmenté. Nous omettons les victimes de l'effondrement du pont du Tay.

Le troisième tableau signale la cause principale de la sécurité croissante des transports sur la voie ferrée ; c'est l'application progressive au réseau du block-system à télégraphe.

Enfin, le quatrième signale : 1° la part décroissante des collisions dans l'ensemble des causes d'accidents, et du nombre des accidents de voyageurs par le fait des collisions.

Années	Recettes voyageurs	Indemnités payées par les compagnies pour accidents	Rapport p. 100 aux recettes
	Liv. sterl.	Liv. sterl.	
1870	17.101.000	322.500	1.88
1871	17.217.000	312.334	1.71
1872	18.729.000	299.389	1.52
1873	19.087.000	364.509	1.73
1874	21.014.000	355.876	1.62
1875	22.705.000	381.038	1.68
1876	22.058.000	319.866	1.39
1877	23.306.000	284.969	1.22
1878	23.538.000	254.473	1.08
1879	22.583.000	210.056	0.93
1880	23.762.000	234.100	0.98

Le tableau qui précède indique que le sentiment de leur intérêt, non moins que des considérations d'humanité, ont décidé les Compagnies anglaises à prendre les mesures de sécurité que nous venons de mentionner.

On voit l'effet décroissant, sur le chiffre des indemnités, de la diminution des victimes d'accidents.

Autriche. De 1864 à 1874 (11 années) il a été transporté sur le réseau Austro-Hongrois, 2,285,295,000 voyageurs, soit, en moyenne annuelle, 20,775,400. La moyenne annuelle des voyageurs tués a été de 66 et celle des voyageurs blessés de 202. Ces nombres se rapportent aux victimes de l'exploitation ; 28 ont été tués et 118 blessés par leur faute.

Dans les cinq années les plus récentes (moins 1877 dont les résultats nous manquent), on a compté le nombre de voyageurs tués et blessés ci-après par leur faute ou par l'exploitation :

	1875	1876	1878	1879	1880
Tués.	195	187	147	128	131
Blessés . . .	243	288	314	258	325
	438	475	461	386	456

En déduisant une moyenne des trois dernières années pour les voyageurs tués ou blessés rapportés au total des transportés, on a compté 1 voyageur tué (par sa faute ou non) sur 15,833,253 et 1 voyageur blessé sur 1,217,942.

La part des agents des Compagnies dans le total des victimes augmente sans relâche. En 1880, 49 ont été tués et 239 blessés, en augmentation de 8 pour les premiers, de 55 pour les seconds par rapport à 1879.

Nous trouvons, dans les documents (un peu abrégés) que nous avons sous les yeux, la répartition ci-après du nombre des accidents d'après leur nature de 1878 à 1880 :

	1878	1879	1880
Déraillements	190	164	162
Collisions.	61	50	59
Accidents provenant des éléments (neiges, inondations, gelées, ouragans, incendies)	152	141	111

La statistique des accidents, en Autriche, étant préparée et adressée au ministre compétent par une commission dont les membres sont élus par les directions des chemins de fer, nous n'avons qu'une confiance limitée dans l'exactitude des renseignements qui précèdent.

Belgique. Le document ci-après ne manque pas d'intérêt :

Nombre des voyageurs pour 1 tué ou blessé.

1871. . .	2.285.255	1876. . .	1.367.174
1872. . .	3.866.270	1877. . .	2.672.994
1873. . .	1.015.725	1878. . .	4.351.535
1874. . .	754.531	1879. . .	988.917
1875. . .	3.884.557		

Voici quelques renseignements plus détaillés sur le nombre des victimes par le fait de l'exploitation. La statistique officielle que nous avons sous les yeux ne donne pas le nombre des autres :

1° *Réseau de l'Etat (2,105 k. en 1876).*

Années	Voyageurs		Agents de la voie	
	tués	blessés ou contusionnés	tués	blessés ou contusionnés
1876	1	26	»	13
1875	»	9	»	30
1874	»	43	»	28

On a compté, en 1875, 1 blessé ou contusionné pour

3,884,557 voyageurs, et, plus exactement, 1 blessé pour 47,480,506 voyageurs et 1 contusionné pour 4,994,330 :

2° *Réseau des Compagnies (1,484 kil. en 1876).*

Année	Voyageurs		Agents de la voie		Autres personnes	
	tués	blessés ou contus.	tués	blessés ou contus.	tués	blessés ou contus.
1876	6	7	17	50	32	12

On a compté 1 voyageur tué pour 2,414,668 et 1 blessé pour 2,897,601. Quant au rapport des agents tués ou blessés à leur effectif, nous ne le connaissons pas.

D'après ces documents, la sécurité serait beaucoup plus grande sur le réseau de l'Etat que sur celui des Compagnies; mais il importe de savoir que la statistique des accidents ne comprend, sur le premier, que les victimes du fait de l'exploitation seulement, et, sur le second, les victimes et de l'exploitation et de leur imprudence.

Etats-Unis. Le tableau suivant est emprunté au meilleur recueil spécial qui se publie aux Etats-Unis, le gouvernement fédéral ne réunissant pas les éléments d'une statistique des accidents sur chemin de fer (*Railroad Gazette*) :

Années	Nombre des accidents	tués	blessés
1853	138	234	496
1854	193	186	589
1855	142	116	539
1856	143	195	629
1857	126	130	530
1858	82	119	417
1859	79	129	411

Voici le même document pour une période récente :

Années	Nombre des accidents	tués	blessés
1873	1.283	276	1.172
1874	980	204	778
1875	1.201	234	1.107
1876	982	382	1.097
1877	725	206	1.021
1878	758	204	740
1879	910	185	600
1880	1.078	315	1.152
1881	1.458	414	1.597

L'année 1879 (si les chiffres sont exacts) aurait été la plus favorable de la période et l'année 1881 la plus désastreuse.

Le même recueil contient un renseignement que nous n'avons pas pour les Etats européens, c'est la répartition des accidents par mois.

La voici pour les trois années, février 1871 à janvier 1872, mars 1877 à février 1878 et avril 1880 à mars 1881.

Mais, au lieu de reproduire les douze mois de ces trois années, il nous paraît convenable de les diviser, pour chacune d'elles, en deux périodes de six mois, représentant, l'une la belle saison (de mai à octobre), l'autre la mauvaise (de novembre à avril). Nous avons alors les éléments de comparaison suivants :

(*a*) *Belle saison.*

Années	Nombre des accidents	tués	blessés
1871-72	326	175	468
1877-78	412	145	697
1880-81	236	199	699
	974	519	1.854

(*b*) *Mauvaise saison.*

1871-72	463	156	673
1877-78	418	84	269
1880-81	836	166	963
	1.717	406	1.905

C'est dans la mauvaise saison qu'a lieu, et de beaucoup, le plus grand nombre d'accidents, et c'est dans la belle qu'on compte le plus de voyageurs tués ou blessés, parce que c'est l'époque des voyages d'affaires, de plaisir ou de santé.

L'effet des basses températures sur l'exploitation a été constaté par ce fait que, dans la période 1873-77, les bris de rails et d'essieux ont été sensiblement plus nombreux en hiver qu'en été.

Il est une cause d'accidents que nous ne connaissons pas heureusement en Europe; ce sont les attaques de trains à main armée par les bandes de voleurs ou d'Indiens, surtout sur les chemins du Pacifique. Dans les années où ces agressions ont eu lieu, les *accidents* de cette nature peuvent exercer une certaine influence sur le nombre des voyageurs et agents de l'exploitation tués et blessés.

Italie. L'exploitation des chemins de fer y a fait le nombre de victimes ci-après en 1880 et 1879 :

Années	tués	blessés
1880	179	688
1879	142	658

En 1880, les accidents se sont répartis comme suit, d'après leurs causes et les trois catégories de victimes (voyageurs, agents de la voie, autres) :

(*a*) *Tués.*

	Par un fait d'exploitation	Par leur faute	Suicidés
Voyageurs	»	6	3
Agents de la voie.	19	44	3
Autres	3	47	54

(*b*) *Blessés.*

Voyageurs	18	34	»
Agents de la voie.	434	127	1
Autres	18	42	12

Déduction faite des suicidés, on a compté, en 1880, 0,185 tué et 1,5 blessés sur 1 million de voyageurs transportés.

Russie. Nous trouvons dans le journal russe *le Nouveau Temps*, l'extrait suivant d'une statistique officielle des accidents de chemins de fer de 1870 à 1878 en ce qui concerne les voyageurs seulement :

Années	tués	blessés	Années	tués	blessés
1870	4	29	1875	17	97
1871	4	92	1876	18	61
1872	4	23	1877	24	158
1873	8	49	1878	40	229
1874	5	20			

Quant au total des victimes, nous ne le connaissons que pour la période quinquennale 1873-77 :

Années	Morts	Blessés	Total
1873	296	481	777
1874	391	638	1.029
1875	437	638	1.075
1876	401	730	1.129
1877	515	1.019	1.574

On a compté un cas de mort ou de blessure pour le nombre de verstes parcourus ci-après (la verste = 1,067 m.) :

1873.	73.888	1876.	63.128
1874.	64.555	1877.	57.732
1875.	64.735		

Le journal auquel nous empruntons ces documents donne une idée des conditions de sécurité pour les voyageurs et agents de la voie sur les chemins russes en disant que le nombre des voyageurs pour une victime est de 1,446 en Russie, de 1,367,000 en Prusse, de 933,000 en Belgique, de 539,000 en Italie, de 2,490,000 en France.

Le même journal s'exprime ainsi sur les causes des accidents : « La responsabilité pèse surtout sur l'administration et ses agents. Sur 558 voyageurs qui ont péri

dans les sept années de la période 1870-76, 55 0/0 ont dû la mort à un fait d'exploitation, 27 0/0 à leur imprudence, et le surplus à des causes restées inconnues. »

Voici la répartition, pour l'année 1872, des victimes d'accidents entre les voyageurs, les agents de la voie et les tiers :

	Nombre des accidents	Tués	Blessés
Voyageurs	25	3	22
Agents de la voie.	773	225	548
Autres	198	118	80
	996	346	650

Nulle part, en Europe, le tribut payé aux accidents par les agents de l'exploitation est aussi considérable qu'en Russie.

Le nombre des voyageurs transportés est inconnu.

Suisse. Le réseau exploité en 1878 a été en moyenne de 2,576 kilomètres. On a compté, cette même année, le nombre d'accidents suivant :

	Voyageurs	Agents de la voie	Autres
Tués.	6	25	27
Blessés.	10	52	12

Sur 128 cas de mort ou de blessures, 121 sont dus à l'imprudence des voyageurs ou au hasard, et 7 à un fait de l'exploitation. Nous ne connaissons pas le nombre de voyageurs transportés.

L'absence de ce renseignement pour un certain nombre de pays ne nous permet pas de classer par ordre de sécurité les exploitations dont nous venons de faire connaitre les résultats. Cependant on peut, sans graves erreurs, admettre que le plus petit nombre d'accidents par rapport au même nombre de voyageurs se trouve en Belgique, où les facilités d'exploitation, par le fait de la surface unie du pays, sont aussi grandes que possible. Viennent ensuite, au moins dans ces dernières années, l'Allemagne, la France, et, à une certaine distance, l'Angleterre; à une distance plus grande encore, la Russie. C'est aux Etats-Unis et par les causes les plus diverses, au premier rang desquelles il faut ranger la construction hâtive et défectueuse des chemins, puis l'insuffisance de l'entretien, — que se rencontre la moindre sécurité.

(c) *L'assurance contre les accidents de chemins de fer.* Le grand nombre et la gravité des accidents sur la voie ferrée ont appelé de bonne heure l'attention des assureurs. Des sociétés se sont formées — et tout d'abord en Angleterre, où le besoin s'en faisait le plus sentir — pour assurer contre les risques de cette nature. La plus ancienne et la plus prospère est celle qui a pour titre : *Passengers'Railway Company* ; elle s'est constituée en 1848. Elle délivre des polices à vie, pour une série d'années, pour une seule année, pour un ou plusieurs mois, pour un ou plusieurs voyages. Ses bureaux sont installés dans toutes les gares de chemins de fer du Royaume-Uni, de telle sorte que le voyageur, après avoir retiré son billet de circulation, va prendre au guichet voisin sa police d'assurance. Le succès de cette Compagnie devait lui susciter une active concurrence; et, en effet, les Sociétés qui, en Angleterre, assurent, soit exclusivement le risque de chemin de fer, soit ce risque en même temps que tous les autres accidents, sont très nombreuses. La même assurance s'est propagée en France et en Allemagne. Les Compagnies de chemins de fer de l'Autriche-Hongrie ont eu l'idée assez originale de s'assurer mutuellement contre leurs risques. La prime est payée obligatoirement par les voyageurs, qui l'acquittent en payant le prix de leurs places. Il n'existe aucune Compagnie d'assurance au profit des agents de l'exploitation, qui en auraient le plus besoin, mais qui, par la gravité des risques auxquels ils sont exposés, devraient payer une prime beaucoup trop élevée pour leur modeste traitement. En cas d'accidents graves, les Compagnies leur viennent, plus ou moins libéralement, en aide, et ceux qui appartiennent à une Société spéciale de secours mutuels, subventionnée ou non par la Compagnie, en reçoivent une indemnité qui ne saurait être toujours proportionnelle à la gravité du sinistre. Les nombreux procès intentés aux Compagnies par les victimes ou leurs ayants-droit semblent indiquer que les offres de ces dernières ne sont pas toujours considérées comme suffisantes.

§ 4. L'EXPLOITATION AU POINT DE VUE DE L'ÉTAT SANITAIRE DU PERSONNEL DES CHEMINS DE FER. (a) *Personnel des chemins de fer.* Faisons connaître tout d'abord l'état du personnel, en 1879, de nos six grandes Compagnies, le seul que fassent connaître les documents officiels.

Compagnies	Employés civils	p. 100	Employés militaires	p. 100	Total
Nord. . . .	21.129	65	11.391	35	32.520
Est.	12.238	52	11.276	48	23.514
Ouest.. . .	15.694	60	10.463	40	26.157
Orléans. .	15.776	65	8.495	35	24.271
P.-L.-M. .	30.985	62	18.934	38	49.919
Midi. . . .	10.298	59	7.020	41	17.318
	106.120	61	67.579	39	173.699

C'est dans la Compagnie de l'Est que les militaires sont relativement les plus nombreux. Les employés militaires paraissent aptes à tous les services; mais les qualités que l'on recherche en eux trouvent leur meilleure application dans le service des gares et des stations ; en un mot, dans l'exploitation proprement dite.

Les femmes elles-mêmes jouent un rôle d'une certaine importance dans l'administration des chemins de fer. Elles figuraient, en 1879, dans le personnel au nombre de 13,554, ou de 7,4 0/0 et se répartissaient ainsi entre les services :

	Hommes	p. 100	Femmes	p. 100	Total
Administration	2.232	97.8	74	2.2	2.306
Exploitation. .	67.851	98.8	854	1.2	68.705
Traction. . . .	44.914	99.9	32	0.1	44.946
Voie..	45.533	78.8	12.209	21.2	57.742
	160.530		13.169		173.699

Le nombre des femmes est insignifiant dans le service de la traction et de l'exploitation; on les emploie principalement à la surveillance de la voie. Dans cette partie du service, elles figurent pour plus d'un cinquième.

Les deux sexes se répartissaient comme suit par Compagnie.

Compagnies	Hommes	p. 100	Femmes	p. 100	Total
Nord . . .	30.805	94.7	1.715	5.3	32.520
Est.	22.070	93.9	1.444	6.1	23.514
Ouest.. . .	24.347	93.1	1.810	6.9	26.157
Orléans. .	21.392	88.6	2.879	11.4	24.271
P.-L.-M. .	46.539	93.3	3.380	6.7	49.919
Midi. . . .	15.377	88.8	1.941	11.2	17.318
	160.530	92.4	13.169	7.6	173.699

(b) *Opinions des médecins français et étrangers, sur l'état sanitaire du personnel.* Dans une brochure, publiée en 1859, le docteur Duchesne avait constaté que le personnel de l'exploitation des chemins de

fer français était sujet à certaines maladies qui devaient avoir pour effet d'user assez rapidement les organisations les plus vigoureuses. Ses observations avaient surtout porté sur les machinistes et les chauffeurs. Les Compagnies émues chargèrent les chefs de leur service médical de vérifier le fait, et ces praticiens, s'appuyant sur des constatations faites pour les trois années 1859-62, crurent pouvoir affirmer que le docteur Duchesne s'était trompé. Analysons quelques-uns de leurs rapports. Le premier signale le rapport pour cent des malades à l'effectif sur le chemin d'Orléans. Ce rapport aurait été le suivant :

1859	1861	1862
82.59	62.65	69.66

et la durée moyenne des maladies de 6,15 jours en 1859, de 7,49 en 1861 et de 7,30 en 1862. Or, d'après le rapport, cette moyenne serait, pour les membres des sociétés de secours mutuels, de 18 jours. Mais ce document paraissant se rapporter à l'ensemble du personnel de la ligne, y compris les employés administratifs, n'a qu'une très faible valeur. Le suivant est plus précis : il se rapporte au personnel de la Compagnie de Lyon-Méditerranée, réparti entre quatre catégories, mais seulement pour une seule année (1862) :

	Administration	Exploitation	Matériel en traction	Voie
Nombre des employés et agents.	860	8.070	5.789	4.400
Nombre des malades. . .	1.693	8.805	7.174	2.710
Malades pour cent personnes.	194	111	132	61

Ainsi ce serait le personnel administratif ou sédentaire qui, dans cette année, aurait compté le plus de malades. Les mêmes rapports s'appliquent spécialement à deux catégories intéressantes d'agents ci-après (malades pour 100 personnes) :

	1860	1861	1862
Conducteurs et gardes-frein..	102.31	72.04	57.41
Camionneurs et cochers. . . .	150.64	112.98	106.02

Le document suivant serre de plus près la question (Compagnies d'Orléans, moyenne de 1859, 1861 et 1862):

	Nombre des agents	Nombre des malades	Rapport pour 100 agents
Employés des bureaux	1.271	628	49.41
Hommes d'équipe.	2.417	1.924	89.61
Camionneurs et cochers. . . .	196	208	106.12
Mécaniciens et chauffeurs. . .	771	516	66.92

Contrairement à l'observation faite sur les agents et employés de Lyon-Méditerranée (mais pour une année seulement), ce sont ici les employés des bureaux qui ont le moins de journées de maladie ; ce qui paraît beaucoup plus conforme aux probabilités. Après les employés, ce seraient les mécaniciens et chauffeurs qui compteraient le moins de malades. Cette conclusion, en supposant les faits exacts, est un peu prématurée ; des rapprochements de cette nature ne mériteraient une certaine confiance, que s'ils reposaient sur un nombre suffisant d'observations, et, si les âges des diverses personnes dont la morbidité est ainsi comparée étaient donnés, le nombre et la durée des maladies étant en raison de la période plus ou moins avancée de la vie. Il ne serait pas moins nécessaire de tenir compte de la durée du service dans la fonction. Ce sont les conditions essentielles de la valeur d'un document de cette nature.

Le médecin en chef de la Compagnie de Lyon n'en est pas moins de cet avis que : « la santé des mécaniciens et chauffeurs est relativement meilleure que celle d'une foule d'autres employés ou ouvriers de chemins de fer, » et un médecin de la Compagnie du Nord ne craint pas d'écrire : « je dois noter surtout l'état très satisfaisant de santé des mécaniciens et des chauffenrs, et je n'hésite pas à l'attribuer aux bonnes conditions hygiéniques dans lesquelles ils sont placés, à l'influence salutaire d'une atmosphère toujours pure et toujours nouvelle; » — et le médecin en chef de la Compagnie d'Orléans déclare que : « le médecin principal de la ligne a fait, depuis longtemps, justice de cette opinion erronée qui consiste à regarder certaines classes d'agents comme exposées à certaines maladies spéciales; » — enfin, un médecin de l'Ouest affirme que « ses recherches n'ont pas confirmé l'existence de cette maladie des mécaniciens décrite par M. Duchesne. »

Mais le docteur allemand Richler démontre, par des documents statistiques recueillis avec soin, que l'état général de la santé du personnel actif du chemin, objet de ses études, et particulièrement du personnel des mécaniciens et chauffeurs, a subi, dans les dernières 15 à 20 années, une altération profonde, et que, récemment, les maladies des voies respiratoires sont devenues plus fréquentes, les rhumatismes ont pris une plus grande intensité que par le passé.

L'auteur ne croit pas qu'on puisse déterminer encore avec une précision suffisante les causes de ce phénomène ; il est toutefois disposé à l'attribuer à l'abri que, dans ces dernières 15 à 20 années, on a installé successivement sur tous les chemins de fer allemands, pour protéger les machinistes contre la vivacité de l'air. Par suite de l'établissement de ces abris, le mécanicien se trouve exposé à l'énorme chaleur qui se produit lorsque le chauffeur ouvre le foyer de la locomotive pour y introduire du combustible, et à l'action toxique des gaz délétères (oxyde de carbone) qui se dégagent en grande quantité à chaque renouvellement du combustible. La température, d'après les constatations de l'auteur, par un temps calme du mois de septembre, s'est élevée, dans ces abris, de 30 à 32° Réaumur et jusqu'à 38° en été Par suite de la nécessité de surveiller constamment la marche de son train, d'observer les signaux à l'horizon, il est sans cesse obligé de quitter sa guérite pour se trouver dans un courant très vif d'air froid, et dans une atmosphère toujours imprégnée de cendres fines et de poussière de charbon. « Dans ces conditions, ajoute le Dr Richler, il n'y aurait rien d'extraordinaire à ce que le machiniste, qui est censé fendre l'air pur comme l'oiseau, respirât, au contraire, des gaz aussi méphitiques que ceux de bien des fabriques. La guérite me paraît également avoir cet inconvénient d'augmenter le bruit de la marche de la locomotive. »

Nous avons cité, parmi les causes d'accidents, la dureté d'oreilles qui, d'après le Dr Hedinger, de Stuttgard, se produirait de bonne heure chez le personnel de la locomotion. Le Dr Moos, d'Heidelberg, avait exprimé le désir que l'on soumît les mécaniciens à un examen approfondi à ce point de vue, avant leur entrée en fonctions, et que cet examen fut renouvelé tous les deux ans. Les recherches qui ont été faites, conformément à sa recommandation, ont conduit à l'observation suivante : sur 160 mécaniciens et chauffeurs examinés au commencement de 1881, 34, soit environ 21 0/0, avaient l'oreille plus ou moins dure. Cette infirmité n'est pas de nature, sans

doute, à compromettre la santé générale de ceux qui en sont atteints; mais elle constitue un danger pour la sécurité des transports par suite de la difficulté, pour eux, d'entendre les avertissements donnés de vive voix par le personnel de la surveillance de la voie, ainsi que les signaux détonants.

Au nombre des maladies qui affectent spécialement le personnel de la locomotion sur les chemins de fer, nous devons encore citer celle qui, depuis quelques années, a donné lieu, sous le nom de *daltonisme* (du nom présumé du Dr américain Dalton, qui passe pour l'avoir observée le premier), à d'intéressantes statistiques. Le daltonisme est cet affaiblissement *sui generis* de la vue qui consiste à ne pouvoir distinguer certaines couleurs. Nous avons recueilli un assez grand nombre de ces documents publiés à des époques diverses, spécialement en ce qui concerne les agents de la locomotion. En France, sur 3,498 examinés par différents observateurs, 125 ou 3,57 0/0 n'ont pu distinguer ou le rouge ou le violet. En Suède, un peu moins de 5 0/0 étaient atteints de la même infirmité. Voici le résultat d'une enquête faite à ce sujet par le gouvernement prussien, en 1879, sur le personnel des chemins de fer de l'Etat ou exploités par l'Etat :

Emplois des examinés	Nombre des malades 0/0
Employés des stations.	0.44
Hommes d'équipe.	0.90
Conducteurs de trains.	0.45
Mécaniciens et chauffeurs.	0.85
Agents divers.	0.30
Surveillants.	0.90
Aiguilleurs.	0.82

Ce document serait plus intéressant, d'une part, s'il faisait connaître les cas de daltonisme antérieurs et postérieurs à l'entrée en fonctions, et s'il fournissait des éléments de comparaison avec d'autres professions. Mais nous le citons pour qu'il puisse servir de base à des rapprochements ultérieurs.

(c) *Mesures de protection à prendre en faveur des agents de la voie.* Nous avons fait connaître les chances d'accidents et de maladies auxquelles est exposé le personnel de la locomotion sur les chemins de fer. Ces chances sont de telle nature, qu'elles suffiraient pour justifier, de la part des Compagnies, un traitement en quelque sorte exceptionnellement bienveillant en sa faveur. Mais, d'après les plaintes multipliées parvenues, d'abord au gouvernement, plus tard aux Chambres, plaintes qui doivent être d'autant plus fondées, qu'elles pourraient provoquer, à l'égard de ceux dont elles émanent, s'ils étaient encore en service actif, des actes de sévérité, il semblerait qu'il n'en soit pas ainsi et, notamment, que les Compagnies recourraient souvent, sans informations suffisantes, sans tenir compte de la durée et du mérite des services antérieurs, ainsi que des circonstances atténuantes, à la grave mesure de la révocation. Il en résulterait également que mécaniciens et chauffeurs seraient soumis à un travail qui dépasserait leurs forces. Ces plaintes, — que les Compagnies consultées ont naturellement déclaré être sans fondement — ont trouvé, justifiées ou non, de puissants échos dans la presse et dans les Chambres.

En 1881, un premier projet de loi, destiné à protéger ces agents contre l'arbitraire (plus ou moins démontré) des Compagnies, ayant échoué à la Chambre, où il avait toutefois rencontré de nombreuses sympathies, un second lui a été soumis dans sa séance du 2 mars 1882. Ce dernier, plus habilement conçu que le précédent, — qui avait le tort grave de désarmer plus ou moins complètement les Compagnies vis-à-vis de leurs agents, — vise au même résultat, mais par une autre voie. Pour ses auteurs, il ne s'agit plus d'une question d'équité, d'humanité, d'une manifestation de sympathie pour une catégorie d'ouvriers dans leurs luttes contre les patrons, mais d'un intérêt général, d'un intérêt de premier ordre, la sécurité des transports. C'est au nom de cette sécurité qu'ils proposent les mesures suivantes :

Les Compagnies de chemins de fer devront, dans un délai de six mois, établir un règlement uniforme pour la surveillance de jour et de nuit de la voie, ainsi que pour l'annonce de l'arrivée des trains, sous peine de se le voir imposer par le ministre des travaux publics (art. 1 et 2). Elles seront tenues d'adopter un système uniforme d'aiguilles et un règlement également uniforme de leurs manœuvres, règlement aux termes duquel un aiguilleur ne pourra être chargé de plus de dix aiguilles et cela sur un parcours maximum de 30 mètres. Elles seront tenues d'adopter un système qui permette au mécanicien de contrôler lui-même la sécurité de la voie qu'il doit parcourir. Elles adopteront un même système de frein et un même règlement sur le nombre des gardes-frein accompagnant les trains, ainsi qu'un système uniforme de communications entre les agents des trains, le mécanicien, les voyageurs et les agents (art. 3 à 7).

Jusqu'ici, le projet ne peut soulever de critiques qu'au point des difficultés d'exécution; mais la véritable pensée des auteurs du projet ne tarde pas à se manifester dans les dispositions ci-après.

Sauf le cas de force majeure, la durée du travail des agents des trains et des aiguilleurs sera fixée à 8 heures sur 24 et cette durée comptera à partir de l'entrée de l'agent dans l'enceinte du chemin de fer pour prendre son service, jusqu'au moment de sa sortie. Si cette durée a été prolongée pour cas de force majeure, le chef de service devra, sous peine d'une amende de 100 à 500 francs, accorder à l'agent un repos d'une durée double de celle du travail supplémentaire qu'il aura fait. Tout agent de trains aura droit à une pension de retraite après vingt années de services sans conditions d'âge. Après quinze années de services, il aura droit, sur sa demande, à une retraite anticipée, proportionnelle à ses années de services (art. 7 à 8). Le chef de train qui fera partir un agent sans lui avoir donné le repos prévu par la loi sera responsable des accidents qui pourraient se produire pendant la durée du trajet. En cas de blessures ou d'homicide, il sera passible des peines prévues et punies par les art. 319 et 320 du Code pénal (art. 9).

A partir de cet article, nous rentrons dans le domaine des dispositions d'intérêt général.

Il sera adjoint à chaque ingénieur du contrôle des inspecteurs de sûreté chargés de la surveillance du matériel et de tout ce qui intéresse la sécurité de l'exploitation. Ces inspecteurs seront recrutés exclusivement parmi les chefs ou sous-chefs de dépôt et les mécaniciens ayant au moins cinq ans de services. Dans chaque dépôt, il y aura un inspecteur au moins pour vingt-cinq machines. L'inspecteur de sûreté devra, chaque jour, prendre connaissance des registres relatant tous les incidents de l'exploitation, contrôler les causes des retards, les excès de charge et de vitesse, les avaries de machines, vérifier la durée du service imposé aux agents, signaler les ouvrages d'art trop rapprochés de la voie qui constituent un danger pour les voyageurs et pour les agents obligés de surveiller les trains. *Il adressera un duplicata de tous ses rapports aux archives de la Chambre des députés et du Sénat* (pourquoi pas au ministre compétent?). Il fera parvenir au *chef du parquet* des arrondissements traversés par sa section, un exemplaire de tous les règlements, ordres de service, circulaires, avis, consignes, dont la violation pourrait donner lieu à des poursuites judiciaires, la Compagnie devant lui remettre le nombre d'exemplaires qu'il jugera nécessaire (art. 10 à 13).

En d'autres termes, l'inspecteur de sûreté devient à peu près l'arbitre absolu des destinées de la Compagnie, ainsi mise complètement en tutelle. Mais, dans ce cas, on se demande qu'elle sera l'utilité d'un contrôle par l'Etat?

Pour éviter un double emploi, et, dans tous les cas, d'inévitables conflits d'attributions, il serait préférable de le supprimer. Mais alors, ou l'inspecteur de sécurité, choisi par la Compagnie parmi des agents dévoués, remplira très insuffisamment ses fonctions et n'offrira pas au public les mêmes garanties d'indépendance et de lumières qu'un ingénieur de l'Etat; ou, devenu inamovible par le seul fait de sa nomination — ce qu'il faudrait dire — il deviendra le tyran de cette Compagnie. Dans ce cas, l'exploitation sera hérissée de difficultés, de difficultés dont il sera l'auteur, et l'auteur trop souvent inintelligent. Pour nous, l'inspecteur de sûreté est une création malheureuse qui n'a pu venir à la pensée que de personnes peu familières avec les exigences d'un service de chemin de fer et les responsabilités des Compagnies.

Quant à la surveillance par l'Etat, elle est désorganisée, puisque le contrôle ne peut être confié désormais qu'à un ingénieur qui a quitté son service et l'a quitté depuis au moins trois ans. Il sera, d'ailleurs, difficile de trouver un ingénieur du contrôle en présence de la disposition draconienne qui le rend responsable des accidents survenus à la suite d'une dérogation avec son consentement aux lois et règlement sur la matière.

Ce projet de loi dépasse largement la mesure; c'est une œuvre de parti et non de justice et d'impartialité. Il épouse aveuglément, sans examen préalable, les griefs des machinistes et chauffeurs, puis des conducteurs, gardes-freins et préposés aux bagages qui accompagnent les trains. Qu'il y ait eu des abus, que quelques-uns de ces agents aient été surmenés, que des révocations ou des descentes de classe aient été parfois prononcées sans information suffisante, sans avoir entendu l'agent ou sans avoir tenu un compte équitable de ses moyens de défense, — cela est possible. Mais de là en conclure que cette catégorie d'agents est habituellement l'objet d'un traitement inhumain de la part des Compagnies et qu'il y a lieu de prendre, contre elles, à ce sujet, des mesures extraordinaires, — il y a loin, très loin. Les Compagnies ont évidemment intérêt à ménager les forces de leurs agents, et, en outre, à conserver ceux dont les services leur donnent pleine satisfaction. Elles savent très bien que surmener ces mêmes agents, les exposer à des fatigues extraordinaires, c'est provoquer des accidents dont les conséquences financières peuvent être, en dehors des pertes de matériel, très graves pour elles. Dans un service qui, comme celui de l'exploitation, doit être conduit militairement, où les moindres fautes de la part du machiniste peuvent être suivies d'un désastre, les Compagnies sont souvent obligées à des mesures de rigueur, qu'elles regrettent peut-être, mais qui sont une condition absolue de sécurité pour les voyageurs, le moindre relâchement de la discipline sévère à laquelle doit être soumis le personnel de la traction pouvant avoir des conséquences calamiteuses.

Le projet de loi contient une injure gratuite à l'adresse de ceux des ingénieurs de l'Etat auxquels l'administration confie le contrôle de l'exécution du cahier des charges, en supposant qu'ils manquent, vis-à-vis des Compagnies, de l'indépendance nécessaire, comme s'ils devaient en avoir davantage en passant directement à leur service.

Réduire à 8 heures la durée du service quotidien de tous les agents d'un train indistinctement, tandis que le mécanicien et le chauffeur sont seuls exposés aux influences atmosphériques et tout particulièrement aux accidents, c'est, déjà à ce point de vue, commettre une confusion regrettable. Réduire à 8 heures et en réalité à 6 heures la durée du service sur la machine (le travail dans l'enceinte du chemin de fer, pour ce que nous appellerons l'armement et le désarmement de la machine, pouvant prendre deux heures) est une mesure excessive. Dans l'industrie, les ouvriers travaillent dix heures, distraction faite de celles des deux repas; pourquoi n'en serait-il pas de même pour les agents de la traction, qui sont tous des hommes jeunes et vigoureux, des hommes de choix? Nous devons, toutefois, reconnaître que les machinistes et chauffeurs ont besoin de ménagements particuliers, et, en relevant, en principe, à 10 heures par 24 heures, la durée de leur travail, nous l'abaisserions à 8 heures pour ceux qui compteraient dix années et à sept heures pour ceux qui auraient atteint 20 années de services.

Enfin la liquidation de la pension après 25 ans de services pour les mécaniciens, dont les *cinq derniers passés dans un service sédentaire* (service de dépôt par exemple) nous paraît devoir donner satisfaction à tous les intérêts.

A une époque où les ouvriers sont vivement incités, par des comités secrets dont les chefs sont, dit-on, à l'étranger, à se procurer, par la grève, des augmentations de salaires et des diminutions de travail, — il n'est pas douteux que des pressions s'exercent dans le même sens sur les machinistes et chauffeurs. Jusqu'à ce jour, ces derniers ont résisté à cette incitation, convaincus des immenses dangers que la grève des chemins de fer ferait courir à l'industrie et au commerce du pays. Mais ils pourraient, à la longue, s'ils n'obtenaient pas des pouvoirs publics ou du bon vouloir des Compagnies, une amélioration de leur situation, céder aux incessantes suggestions dont ils sont l'objet. Nous ne pouvons oublier, en effet, qu'en 1848, le personnel ouvrier s'est emparé des chemins de fer avec l'intention de les exploiter à son profit, et n'y a renoncé qu'en présence de la force armée. Il y a donc là un danger auquel il faut pourvoir.

Ne pourrait-on le conjurer, dans une certaine mesure, par la création, dans les ateliers des Compagnies et du réseau de l'Etat, d'écoles professionnelles spéciales appelées à fournir, chaque année, un nombre de machinistes et chauffeurs en rapport avec les besoins d'un réseau qui s'étend chaque jour?

Les troupes de chemins de fer, formées par l'Etat, pourraient être, en cas de grève, mises à la disposition des Compagnies. Ces ouvriers-soldats, soumis à la discipline militaire, rendraient ainsi les plus grands services.

Nous avons cru que la question méritait d'être soulevée.

§ 5. DE L'EXPLOITATION AU POINT DE VUE MILITAIRE. Le chemin de fer devait être et a été largement utilisé pour la guerre. Nous en avons fait, en 1870-71, la cruelle expérience. Le chemin de fer rend trois services considérables au point de vue des opérations militaires. Il permet d'abord de mobiliser rapidement des corps d'armée, puis de les transporter non moins rapidement, et à peu près sans fatigue pour le soldat, sur le théâtre des opérations et enfin d'assurer les ravitaillements ainsi que les évacuations.

C'est surtout en vue d'une guerre avec la Russie et la France que la Prusse s'est fait autoriser par son Parlement à racheter successivement les chemins les plus importants du pays appartenant à des Compagnies. Dès que le réseau tout entier aura passé entre les mains de son gouvernement, ce qui ne tardera pas, ce dernier s'occupera — comme il le fait déjà — à en relier toutes les lignes par des chemins transversaux qui permettront à ses armées de passer de l'une à l'autre sans transborder, c'est-à-dire sans perte de temps. Les côtes maritimes, forteresses, cours d'eau, dépôts militaires, points stratégiques les plus importants seront alors tous reliés entre eux par des voies ferrées transportant, dans le plus court délai possible, hommes et munitions.

Nos lignes de chemins de fer aboutissant aux nouvelles frontières ne sont ni aussi nombreuses, ni aussi directes que celles de l'Allemagne sur le Rhin. Le réseau de l'Alsace-Lorraine a été étendu, en outre, dans des proportions qui permettent de couvrir littéralement la province de troupes dans un délai de quelques heures; puis, il met Metz, Strasbourg, avec leurs nouvelles et menaçantes

fortifications, en rapports étroits avec Berlin et les forteresses allemandes. Enfin, nos chemins de fer, n'obéissant pas à une direction unique, ne sont pas tous reliés entre eux par des lignes transversales.

Il n'est que trop certain que, dans la construction successive de notre réseau, il a été tenu fort peu compte des intérêts stratégiques du pays. Il a fallu la terrible expérience de 1870 pour ouvrir les yeux à notre état-major général. Mais, pour être impartial, il ne faut pas méconnaître les efforts considérables des Compagnies pour réparer autant que possible cette erreur, et surtout ceux de la Compagnie de l'Est. Elle a, en effet, poussé la ligne de Paris à Verdun jusqu'à Metz, avec embranchement sur Longuyon au nord-ouest et vers Pagny-sur-Moselle au sud-est.

Parallèlement à la frontière, elle a terminé la ligne de Sedan, Verdun, Commercy, Toul, et plus en deçà, les tronçons de Châlons-sur-Marne à Troyes. C'est à elle, en un mot, qu'on doit les sept lignes aboutissant à nos frontières nouvelles, alors qu'en 1870 nous n'en comptions que trois.

Notons encore le chemin de fer de grande ceinture qui sera très probablement livré en totalité à la circulation dans le courant de 1883. Avec ce chemin, Paris ne pourra plus être investi et deviendra un immense camp retranché où les armées de province trouveront, au besoin, approvisionnements et secours.

Enfin, aujourd'hui, aucun tracé nouveau de chemin de fer n'est approuvé sans l'avis préalable du ministre de la guerre. A défaut d'entente entre les deux ministères, la question est portée devant une commission mixte des travaux publics dont l'opinion est communiquée aux chambres chargées de statuer en dernier ressort.

L'emploi des chemins de fer, pour les besoins de l'armée, comporte les transports militaires en temps de paix et les transports en temps de guerre ; les uns et les autres sont actuellement exécutés en France conformément au *Règlement général pour les transports militaires par voies ferrées*, approuvé par décret du 1er juillet 1874 et modifié par décret du 27 janvier 1877, qui a remplacé celui de 1855 devenu complètement insuffisant. Une *commission militaire supérieure des chemins de fer*, créée par décret du 14 novembre 1872 et composée d'officiers et de délégués du syndicat des Compagnies est chargée de la préparation, de la direction et de la surveillance des mouvements militaires par voies ferrées. Elle est à la fois le conseil du ministre de la guerre et son intermédiaire avec les grandes Compagnies. Des commissions d'études, fonctionnant, en temps de paix, au 4e bureau de l'état-major général, sont chargées, sous la direction de la commission supérieure et d'après les instructions qu'elles en reçoivent, de préparer pour chacun des grands réseaux français tout ce qui se rapporte aux transports stratégiques de manière à utiliser de la façon la plus complète chaque réseau avec le matériel et le personnel y afférent.

Transports en temps de paix. En temps de paix les Compagnies sont tenues de donner communication au ministre ainsi qu'aux généraux commandants de corps d'armée, du livret indiquant la marche de tous leurs trains, voyageurs et marchandises. Sur ce livret doit être prévu, pour chacune des grandes directions que dessert la Compagnie, la marche de trains *spéciaux*, dits *militaires facultatifs*.

Transports en temps de guerre. En temps de guerre pour l'exécution des *transports stratégiques* le gouvernement a la faculté de réquisitionner intégralement les moyens de transport des Compagnies. Dès que cette réquisition est faite, avis en est donné immédiatement au public par l'affichage d'un décret *ad hoc* dans toutes les gares ; les Compagnies sont tenues, sous leur responsabilité pécuniaire et pénale, de déblayer dans la journée qui suit la notification de la réquisition, leurs gares, leurs quais, leurs voies, etc., de tout ce qui serait étranger ou pourrait nuire au service des transports militaires. La commission militaire supérieure prend, dès ce moment, la haute direction de tous les mouvements par voies ferrées qui s'exécutent à l'intérieur du territoire.

Les transports stratégiques comprennent deux premières périodes bien distinctes, correspondant l'une à la mobilisation proprement dite, l'autre à la concentration. Le transport des disponibles et des réservistes, du lieu de leur résidence à la subdivision de région, puis quand il y a lieu, comme détachements, de la subdivision de région au corps, ainsi que le transport d'unités constituées rejoignant la portion centrale de leur corps constituent les *transports de mobilisation*. Le territoire de chaque corps d'armée se trouve ainsi sillonné dans tous les sens et pour exécuter des transports aussi variés de direction, d'importance et d'origine on préfère en général conserver le mécanisme de l'exploitation commerciale sous la direction de la Compagnie. L'exécution des transports de mobilisation aurait donc lieu par les trains ordinaires comme en temps de paix, seulement ces trains seraient complètement interdits au public.

Les *transports de concentration* ont pour objet de conduire les différentes unités, bataillons, escadrons, batteries, parcs de munitions, ambulances et convois administratifs, dès que la mobilisation les a complétées ou constituées, de leur lieu de casernement au point de rassemblement du corps d'armée. Ces transports constituent la partie la plus importante et la plus considérable non seulement des transports stratégiques mais même de toutes les opérations de la campagne, aussi les mesures d'organisation et de préparation nécessaires à leur exécution sont arrêtées à l'avance dans leurs moindres détails par le 4e bureau de l'Etat-major général. Le personnel militaire de ce bureau procède à ce travail de concert avec les ingénieurs chefs de mouvement des grandes compagnies et du réseau de l'Etat. Les lignes de concentration à employer, pour lesquelles on ne tient plus compte des réseaux appartenant à telle ou telle Compagnie, sont déterminées d'après la situation de la frontière et d'après la répartition des premiers cantonnements assignés aux troupes ; autant que possible on assigne une ligne de concentration spéciale à chaque corps d'armée, mais on se trouve nécessairement limité, par les ressources que présentent les lignes existantes, dans la région où l'on doit opérer. A la tête de chaque ligne de concentration est placée une *commission de ligne* chargée de l'exploitation au lieu et place des Compagnies. Les gares, points présumés de départ ou d'arrivée des troupes, ont dû être pourvues à l'avance de tous les moyens d'embarquement ou de débarquement telles que voies de garage, quais ou chantiers auxquels on peut suppléer, en cas d'insuffisance ou d'absolue nécessité, par l'emploi de rampes mobiles permettant au besoin à la cavalerie ou à l'artillerie d'embarquer ou de débarquer en pleine voie. Sur chaque ligne de concentration, lorsque le trajet doit dépasser 24 heures, sont organisées, en des points convenables, des gares *halte-repas* dans lesquelles se trouve installé en permanence, aux frais de la guerre, un bâtiment pourvu de l'outillage et des accessoires nécessaires pour les distributions de soupe ou de café à la troupe, ainsi que pour l'abreuvage des chevaux. Des *commissions d'étapes*, renfermant à la fois l'élément militaire et l'élément technique représentent la commission de ligne aux points principaux, notamment dans les gares de bifurcation, d'embarquement, de halte-repas, de débarquement, etc.

Lorsqu'il s'agit de mouvements de troupes aussi importants le nombre des voitures à voyageurs étant forcément insuffisant, les sous-officiers et la troupe peuvent être embarqués dans des vagons à marchandises couverts. Des dispositions ont été prises pour que tous les hommes embarqués dans ces voitures puissent être assis simultanément ; les frais résultant de cet aménagement sont à la

charge de l'administration de la guerre; mais les Compagnies ont à veiller à la conservation et à l'entretien des planches, supports et agrés installés dans les vagons. Les chevaux sont également transportés dans les vagons couverts que les Compagnies emploient pour le transport des bestiaux et des marchandises ou en cas d'urgence dans des vagons découverts à hautes ridelles. Les chevaux sont généralement placés en long, c'est-à-dire parallèlement à la voie ; exceptionnellement lorsque les vagons n'ont pas une longueur suffisante ils sont disposés en travers c'est-à-dire dans le sens perpendiculaire à la voie. Les Compagnies sont tenues de faire inscrire, sur chaque paroi longitudinale des vagons, le nombre d'hommes ou de chevaux que chacune de ces voitures peut contenir, soit en général 30 à 32 hommes ou 6 à 8 chevaux et 2 gardes d'écurie. Les voitures d'artillerie, des équipages de pont, du train des équipages militaires sont chargés sur les trucs.

Autant que possible les trains militaires doivent transporter les différentes unités tactiques, bataillons, escadrons ou batteries au complet ; dans ce but, le nombre maximum de véhicules a été fixé à 50, non compris la locomotive et son tender.

L'enlèvement du personnel et du matériel d'un corps d'armée mobilisé nécessite au total de 100 à 110 trains.

La vitesse moyenne des trains de troupe est fixée à 25 ou 30 kilomètres à l'heure ; le nombre maximum de trains militaires pouvant circuler par jour dans chaque sens et sans encombre sur une ligne à deux voies peut être évalué de 30 à 35 pour une ligne à 2 voies et de 15 à 20 sur les lignes à voie unique. La rapidité des transports dépend, du reste, pour une grande part, des ressources diverses dont on dispose aux stations de départ et d'arrivée et des dispositions plus ou moins complètes prises pour l'embarquement ou le débarquement du personnel et de tout le matériel.

Lorsque l'on dispose de quais, le temps moyen nécessaire à l'embarquement d'un bataillon avec les chevaux et voitures est de 1 heure ; pour un escadron 1 heure et demie ; pour une batterie ou un train de matériel 2 heures ; en pleine voie l'embarquement demande environ le double de temps. Le temps nécessaire au débarquement à quai ou en pleine voie, y compris la manœuvre du matériel peut être évalué à 1/2 heure pour un bataillon, 3/4 d'heure pour un escadron, 1 heure pour une batterie, 2 heures pour un train de matériel.

Dans son *cours pratique de chemins de fer* à l'usage des officiers et sous-officiers, M. Leroy cite les exemples suivants : en 1859, lors de la guerre d'Italie, la Compagnie de Lyon a pu produire pendant 86 jours, du 20 avril au 15 juillet, une moyenne de près de 31 trains militaires par jour et faire face aux besoins les plus urgents de son propre trafic. Au début de la campagne de 1870, les 5, 6, 7 et 8 septembre la Compagnie du Nord est arrivée à fournir 34 trains par jour ; vers la même époque la Compagnie de l'Est était arrivée à une moyenne de 24 trains sur les lignes à double voie de son réseau. En Prusse, les règlements n'ordonnent que la mise en circulation de 12 trains pendant une période de 24 heures sur un chemin à double voie, et de 8 trains sur un chemin à voie unique ; toutefois, en 1870, pendant la mobilisation et surtout pendant la période active ces chiffres ont été notablement dépassés.

De ce qui vient d'être dit, il résulte que les avantages que l'on peut retirer, au point de vue de la rapidité, du transport des troupes par les voies ferrées, sont subordonnés à divers facteurs de circonstance dont les principaux sont : la distance à franchir, l'espèce et la masse des troupes à transporter, la nature des ressources que présente la ligne aux points d'embarquement et de débarquement.

Le tableau suivant, emprunté au *Manuel des Chemins de fer*, à l'usage des officiers, par le commandant Rovel, donne les distances à partir desquelles la voie ferrée est préférable à la voie de terre.

Unités tactiques	Ligne ferrée à double voie			Ligne à voie unique	
	Nombre de chantiers d'embarquement ou de débarquement disponibles				
	5	3	1	2	1
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Corps d'armée.	45	70	170	140	210
Division avec artillerie cavalerie et convois.	20	30	70	45	85
Brigade avec 2 batteries et 1 escadron. .	8	12	30	18	40

Une fois la période de concentration achevée, et dès que les mouvements stratégiques de l'armée se sont développés à plus de trois ou quatre étapes des gares de débarquement, il devient nécessaire, pour assurer le service des transports, de ravitaillement et d'évacuation, de prolonger progressivement le plus grand nombre possible de lignes stratégiques sur les derrières des armées, soit en utilisant, autant que possible, et réparant au besoin les lignes déjà existantes sur le territoire ou en pays ennemi, soit même en en construisant de nouvelles. Les lignes de concentration prolongées jusqu'à la base d'opérations de l'armée forment alors le *réseau stratégique intérieur* dont l'exploitation est laissée tout entière au personnel des compagnies ; sur le *réseau extérieur*, au contraire, qui comprend les lignes de communications, reliant les derrières de l'armée à la base d'opérations, le service est confié à des agents exclusivement militaires. Dans l'un et l'autre cas le matériel est fourni par les Compagnies.

Chaque ligne du réseau intérieur a pour point initial une *station point de départ d'étapes* ; si elle sert à plusieurs corps d'armée, il y a autant de stations de ce genre distinctes qu'il y a de corps d'armée ; chaque ligne du réseau extérieur est terminée à son extrémité par une *station tête d'étapes de guerre*. Les deux réseaux intérieur et extérieur se soudent l'un à l'autre, sur la base d'opérations, par l'intermédiaire de *stations de transition* qui sont les points de démarcation entre l'exploitation des Compagnies sous la haute direction de la commission supérieure et l'exploitation exclusivement militaire. Il est établi dans les stations de transition ou dans les stations têtes d'étapes de guerre des *ambulances* d'évacuation destinées à recevoir et à évacuer en arrière les malades et les blessés ; en outre, sur tout le parcours des lignes d'évacuation, il est établi en deçà aussi bien qu'au delà de la base d'opération des *ambulances provisoires* dans les gares les plus importantes et dans celles de bifurcation ; autant que possible ces ambulances ne doivent pas être éloignées l'une de l'autre de plus de 80 à 100 kilomètres.

Organisation du service militaire des chemins de fer. Une *direction des chemins de fer de campagne*, créée à l'état-major général de l'armée, et à la tête de laquelle se trouve un officier général ou colonel et un ingénieur des chemins de fer, est chargée de la direction supérieure de tout le réseau exploité militairement au-delà de la base d'opérations. Sur chaque ligne une *commission militaire des chemins de fer de campagne* comprenant : un officier supérieur président, un officier du génie commandant les troupes spéciales, un ingénieur des chemins de fer, plus un fonctionnaire de l'intendance, est chargée de centraliser les services de la voie, de la traction et du matériel et doit en outre pourvoir avec les troupes mises à sa disposition à la garde de la voie et des bâtiments et à la protection des trains.

Les *commandements militaires d'étapes des chemins de fer de campagne,* installés dans les gares principales, sont les agents d'exécution locaux dont les commissions militaires des chemins de fer de campagne disposent, sur chaque section, pour l'accomplissement de leur tâche.

Le personnel militaire, nécessaire pour assurer l'exploitation et exécuter au besoin les réparations ou constructions nouvelles, est fourni par les *sections techniques d'ouvriers de chemins de fer de campagne* et par les *compagnies d'ouvriers militaires de chemins de fer du génie.* Les premières sont plus spécialement chargées de l'exploitation des lignes en arrière de l'armée, tandis que les autres sont employées de préférence pour les travaux à exécuter sur le front même de l'armée.

Les *sections techniques d'ouvriers de chemins de fer de campagne,* créées en exécution de la loi du 13 mars 1873 et organisées conformément à un règlement en date du 23 décembre 1876, sont au nombre de 8. Elles ne sont appelées à servir qu'en cas de mobilisation, mais sont organisées en tout temps, d'une manière distincte, par les soins et avec les ressources des diverses Compagnies de chemins de fer.

Chaque section dirigée par un ingénieur en chef de l'exploitation des chemins de fer comprend trois services correspondant, comme dans toutes les administrations de voies ferrées, à l'exploitation, à la voie, au matériel et à la traction. Chacun de ces services a un personnel qui lui est propre, recruté parmi les ingénieurs et employés attachés au service des Compagnies, soit volontaires, soit assujettis au service militaire à un titre quelconque. L'effectif d'une section est le suivant :

Exploitation.	459	1,165	agents, (ingénieurs et agents supérieurs compris).
Voie.	429		
Matériel et traction.	277		

Les *Compagnies d'ouvriers militaires de chemins de fer du génie,* au nombre de 4, une par chacun des quatre régiments, ont été créées conformément à la loi du 13 mars 1875 relative à la constitution des cadres et des effectifs de l'armée active. Afin de mieux assurer leur instruction technique, une décision ministérielle du 3 janvier 1876, a rattaché ces quatre compagnies à l'école du génie de Versailles et les a placées à la suite du 1er régiment du génie en garnison dans cette ville.

Dans le but de faciliter le recrutement des compagnies ou sections d'ouvriers de chemins de fer, le ministre de la guerre a passé, le 19 mars 1874, une convention avec les six grandes Compagnies, en vertu de laquelle des militaires du génie, au nombre de 400 par année, ayant accompli un an de présence au corps, peuvent être détachés d'une façon permanente dans les services de ces compagnies dans les proportions suivantes :

4/6 dans le service de la voie ;
1/6 dans le service de la traction ;
1/6 dans le service de l'exploitation.

Ceux qui volontairement ou pour cause de renvoi quittent le service des compagnies sont tenus de rentrer à leur régiment.

Dans la plupart des autres armées européennes il existe également des corps militaires spéciaux de chemins de fer. Les Allemands ont depuis longtemps des troupes de chemins de fer ; elles comprennent actuellement, un régiment prussien de deux bataillons à quatre compagnies sur pied de paix, plus une compagnie bavaroise ; en cas de mobilisation le régiment prussien doit mettre sur pied quatorze compagnies, dont huit dites de construction, quatre d'exploitation et deux d'ouvriers. En Autriche-Hongrie, des détachements fournis par les troupes du génie et les pionniers et réunis à d'autres détachements organisés avec le personnel des Compagnies de chemins de fer servent à former les sections nécessaires aux armées d'opération, mais il est question d'organiser un régiment spécial de chemins de fer. En Italie, il y a quatre compagnies de chemins de fer faisant partie d'un des régiments du génie ; enfin, dans l'armée russe chacune des quatre brigades du génie, faisant partie de l'armée d'Europe, compte un bataillon de chemins de fer à quatre compagnies dont deux de construction et deux d'exploitation ; jusqu'ici la brigade du génie de l'armée du Caucase n'a pas de bataillon de chemin de fer.

Quant à la destruction rapide des voies ferrées, elle est généralement confiée en campagne à la cavalerie ; elle fait l'objet d'instructions spéciales et d'exercices pratiques particuliers à cette arme.

IIe PARTIE. — CHEMINS DE FER ÉTRANGERS

Nous classerons par ordre alphabétique de noms de pays, les documents qui suivent, documents tous puisés aux sources officielles (1).

I. EUROPE. *Allemagne.* Fin février 1882, le réseau allemand (moins la Bavière) comprenait les longueurs exploitées ci-après :

(a) Chemin d'intérêt général.

	kil. m.
Chemins exploités par l'Etat ou pour son compte	18,384.37
Chemins privés exploités par l'Etat . . .	3,704.63
Chemins exploités par des Compagnies propriétaires	6,832.25
Total	28,921.25

(b) Chemins dits d'intérêt secondaire.

Chemins exploités par l'Etat.	52.94
Chemins exploités par des Compagnies.	359.81
Total.	412.75

(c) Réseau bavarois.

Au 31 décembre 1881	4.234.00
Total général.	33,568.00

Au 31 décembre 1879, le réseau (33,322 kilomètres) avait coûté 8,621,000,000 marks (le mark = 1 fr. 25), soit 261,364 marks par kilomètre.

La recette totale a été en 1879 (année du maximum) de 866,500,000 marks, soit de 26,658 marks par kilomètre. La dépense totale a monté, même année, à 504,300,000 marks ou à 15,514 marks par kilomètre. La recette nette a été 362,200,000 marks, ou de 11,144 par kilomètre, correspondant à un intérêt du capital dépensé de 4,28 0/0.

En 1881, les chemins de fer allemands (moins ceux de la Bavière) ont fait, pour une longueur moyenne exploitée de 28,841 kilomètres, une recette totale de 801,537,818 marks, et les chemins bavarois (pour une longueur exploitée de 4,234 kilomètres), de 74,928,140 marks. Les recettes totales du réseau allemand ont donc été de 876,465,958 marks.

Au 1er avril 1880, le réseau allemand tout entier ayant une longueur exploitée de 33,460 kilomètres, disposait du matériel suivant :

Locomotives..	10.848
Voitures de voyageurs.	19.821
Vagons pour bagages	4.917
— couverts pour marchandises . . .	68.254
— non couverts.	138.649
— pour chevaux et bétail	5.439

soit, en tout, 217,261 vagons pour transports autres que ceux des voyageurs.

La politique du gouvernement allemand, dans ces dernières années, consiste, ainsi que nous l'avons dit, à absorber, par voie d'achat, les lignes les plus importantes du réseau du pays à la fois au point de vue commercial et stratégique. Ce dernier objec-

(1) Les publications officielles des divers pays étant faites sur des modèles très différents, il ne nous a pas été toujours possible de donner des renseignements de même nature pour les différents réseaux.

tif (la concentration entre les mains de l'Etat des grandes lignes stratégiques) n'a même pas été dissimulé par les organes du gouvernement à la chambre des députés prussiens. Nous avons déjà dit que ce sont la France et la Russie qui sont le point de mire de cette politique.

Un journal militaire allemand écrivait récemment ce qui suit à ce sujet: « La France n'a encore fait que peu de choses, en ce qui concerne les chemins de fer, pour réparer les fautes énormes qui l'ont empêchée, en 1870, de déployer à temps ses forces sur la frontière. Elle peut donc remplir ses cadres d'autant d'hommes qu'elle voudra et même doubler l'effectif de son armée; elle n'aura encore rien fait pour diminuer l'avance considérable de l'Allemagne au point de vue des mouvements de troupes. Grâce à son excellent système de chemins de fer, de plus en plus concentrés entre ses mains, le gouvernement pourra encore, pendant des années, mobiliser plus rapidement que la France, arriver aussi plus tôt qu'elle sur le terrain et l'envahir de nouveau avant qu'elle ait eu le temps de mettre en ligne une force imposante. »

Angleterre (Royaume-Uni). Au 31 décembre 1880 (date du document officiel le plus récent sur les chemins de fer de ce pays), le réseau anglais avait une longueur exploitée de 18,692 milles (le mille anglais = 1,609 mètres), ayant coûté 802,014,064 liv. st. (la livre st. = 25 fr. 25 au pair) ou 20,050,350,000 francs.

Le coût de construction par mille, de 34,254 liv. st. en 1869, a monté à 40,613 liv. st. en 1880.

Le nombre des voyageurs transportés en 1880 a monté à 603,885,025, dont 38,767,926 en 1re classe (9,93 0/0), 65,034,870 en deuxième (10,71 0/0) et 500,082,229 en troisième (83,35 0/0). Ces nombres ne comprennent pas 502,174 porteurs de permis de circulation ou de cartes d'abonnement.

Il a été transporté, en 1880, sur le réseau anglais, 165,670,035 tonnes (la tonne anglaise = 1,016 k.) de minerais et 69,635,325 d'autres matières; en tout 235,305,360 tonnes de marchandises ou produits divers.

La recette-voyageurs a monté à 27,200,464 liv. st. et la recette-marchandise à 35,761,303 liv. st. et le montant des recettes diverses à 2,524,858 liv. st. La recette totale a donc été de 65,491,625 liv. st. (1,637,290,525 francs).

Les frais d'exploitation ayant été de 33,601,124 liv. st. (y compris une somme de 749,719 liv. st. de droits divers payés au Trésor et 234,100 liv. st. d'indemnités pour accidents et objets perdus), la recette nette s'est élevée à 31,890,501 liv. st. (796,262,525 francs) et le rapport de la dépense à la recette brute a été de 51 0/0.

Cet immense trafic s'est fait avec un matériel comprenant

Locomotives.	13.854
Voitures des voyageurs.	25.565
— de marchandises	379.934

Le nombre de milles parcourus par les trains a été de 195,077,212 pour les trains de voyageurs, de 184,652,872 pour les trains de marchandises; en tout 379,730,084 milles.

L'intérêt ou dividende moyen a été, pour le total du capital employé, de 4,46 0/0 en 1880. Pour les actions, un capital de 40 millions sterl. n'a rien reçu; sur le surplus, un peu plus de 90 millions liv. st. a reçu entre 4 et 6 0/0, et plus de 67 millions liv. st. a reçu entre 6 et 8 0/0.

On sait qu'en Angleterre les concessions de chemins de fer par le Parlement sont perpétuelles.

Autriche-Hongrie. Les chemins de fer de la monarchie se divisent en trois catégories: 1° Les chemins communs aux deux royaumes (Autriche-Hongrie) qui, au 31 décembre 1880, avaient une longueur de 5,268 kilomètres; 2° les chemins autrichiens ou cisleithaniens d'une longueur de 8,618 kilomètres; 3° les chemins hongrois d'une longueur de 4,410 kilomètres.

Les trois réseaux réunis avaient donc, au 31 décembre 1880, une longueur de 18,296 kilomètres. Au 31 décembre 1881, elle était de 18,505 kilomètres. Les recettes de ces trois réseaux ont été comme suit en 1880 (en florins de 2 fr. 50):

(a) *Chemins communs.*

	florins
Recettes-voyageurs	17.692.655
Recettes-marchandises	59.088.982
Total.	76.781.637
Par kilomètre	14.575

(b) *Chemins autrichiens*

Recettes-voyageurs	23.479.982
Recettes-marchandises	87.777.691
Total.	111.257.673
Par kilomètre..	12.909

(c) *Chemins hongrois.*

Recettes-voyageurs	6.775.764
Recettes-marchandises	21.136.072
Total.	27.911.836

La recette totale, pour les trois réseaux réunis, a monté à 215,951,146 fl. sans les intérêts garantis par l'Etat. Elle a été de 229,661,069 fl., en y comprenant ces intérêts. Les frais d'exploitation ayant monté à 116,130,000 fl. (non compris le payement des intérêts et l'amortissement du capital), soit à 54 0/0 des recettes, la recette nette a été de 99,243,000 fl., soit 3,53 0/0 du capital (déduction faite du capital amorti) et 3,44 0/0 du capital émis. On évalue à 6,500,000 fl. l'accroissement des recettes nettes en 1881.

Les 18,296 kilomètres (18,408 selon d'autres documents) du réseau austro-hongrois avaient coûté, au 31 décembre 1880, 2,682,498,000 fl. dont 610,243,000 fl. en actions et 2,072,255,000 en obligations.

Il a été transporté, en 1880, sur les trois réseaux, 80,286,000 voyageurs et 59,270,000 tonnes métriques de marchandises.

Les recettes-voyageurs (bagages compris) ont monté à 47,155,000 fl. et les recettes-marchandises à 165,773,000 fl., en tout à 212,928,000 fl. Les recettes diverses ont fourni le surplus de 215,951,146 fl.

Les voyageurs se sont répartis pour 0/0 par classe comme suit:

1re	2e	3e	4e	militaires
1.4	13.2	73.4	8.7	3.3

Belgique. Au 31 décembre 1880, le réseau belge avait une longueur de 4,112 kilomètres, dont 2,791 exploités par l'Etat et 1,321 par des Compagnies. La Belgique possédait, en outre, en territoire étranger, 214,5 kilomètres. Le réseau complet montait donc, en nombre rond, à 4,326 kilomètres.

En 1880, le réseau de l'Etat a transporté 43,032,882 voyageurs et environ 20 millions de tonnes de marchandises. La recette a été, en 1880, de 115,503,000 francs, dont 37,8 millions pour les voyageurs et 64,4 pour les marchandises, le surplus étant fourni par les produits divers. Les frais d'exploitation ont monté à 73,3 millions ou à 63,47 0/0 du total des recettes. Le rapport p. 0/0 de la recette nette au capital de construction (731 millions de francs ou 261,000 francs par kilomètre) a été de 3,60.

La répartition par classe des voyageurs s'est faite comme suit en 1880 (p. 0/0) au point de vue du nombre et de la recette:

Classes	Pour 100 voyageurs	Pour 100 francs de recettes	Produit moyen par voyageur
1re classe . . .	5.1	19.60	3.09
2e — . . .	13.2	22.47	1.37
3e — . . .	81.7	57.93	0.57

Nous ne connaissons que pour 1877 les résultats de l'exploitation des chemins concédés aux Compagnies. Cette année, elles exploitaient un réseau de 1,484 kilomètres en nombre rond. Elles ont transporté 14,488,008 voyageurs qui ont donné une recette de 12,232,735 francs. Les résultats généraux de l'exploitation ont été les suivants :

	Totales	Par kilomètre	Recette nette par kilomètre
	francs	francs	francs
Recettes. . . .	35.808.144	26.311	»
Dépenses . . .	22.790.907	15.438	10.873

Le rapport des dépenses aux recettes a été de 58,67 0/0, c'est-à-dire sensiblement moins élevé que pour les chemins de l'Etat ; ce qui tendrait à faire croire que l'Etat n'apporte pas le même esprit d'économie dans l'administration de son réseau, à moins que ce réseau ne soit placé, au point de vue des difficultés d'exploitation, dans des conditions exceptionnelles.

Espagne. Les documents relatifs aux chemins de fer de ce pays sont rares et très incomplets. Au 1er janvier 1877, le réseau exploité, en construction, ou approuvé, avait les longueurs suivantes :

	Chemins	
	d'intérêt général	d'intérêt local
	kil.	kil.
En exploitation. . . .	7.317	421
En construction. . . .	1.371	566
Approuvés.	1.390	222
	10.078	1.209

On ne connaît que pour 1876 (date des publications officielles les plus récentes) les résultats de l'exploitation des chemins de fer espagnols. Cette année, il a été transporté 14 millions (en nombre rond) de voyageurs et 5 1/3 millions de tonnes de marchandises. La recette-voyageurs a produit 44 1/2 millions de pesetas (francs) : la recette-marchandises 67,7 millions ; les autres recettes ont donné 10,7 millions. La recette totale a monté à 123,1 millions de pesetas. En 1878, le nombre des voyageurs transportés paraît être tombé à 12,784,379, tandis que celui des tonnes de marchandises se serait élevé à 5,968,319. On porte la recette totale de cette même année à 130,077,376 pesetas.

Grèce. Ce pays ne possède, en ce moment, que la petite ligne d'Athènes au port du Pirée (12 kil.). Le gouvernement vient de mettre en adjudication la concession, pour une durée de 99 ans, des deux lignes : 1° d'Athènes-Thèbes-Losnia ; 2° d'Athènes-Corinthe-Patras (avec un embranchement sur Corinthe), Nauplie et Tripolitza.

Hollande. Le réseau se divise en deux catégories : 1° celui de l'Etat ; 2° celui des Compagnies. Le réseau de l'Etat, au 1er janvier 1880, avait une longueur de 1,199 kilomètres, dont 1,072 à une seule voie et 127 à deux voies. Le réseau des Compagnies avait une étendue de 1,124 kilomètres, dont 770 kilomètres à une seule voie et 354 à deux voies.

Les deux réseaux réunis ont transporté en 1880 : celui de l'Etat 6 millions de voyageurs et 2,2 millions de tonnes de marchandises ; — celui des Compagnies 10 millions de voyageurs et à peu près la même quantité de marchandises. Les recettes-voyageurs ont été : pour l'Etat de 4 1/2 millions de florins (de 2 fr. 10) ; pour les Compagnies de 7,1 ; — les recettes-marchandises de 4,6 millions de florins pour l'Etat, de 5,3 millions pour les Compagnies ; — les recettes diverses ont monté à 0,3 millions pour l'Etat ; à 0,4 millions pour les Compagnies ; — enfin, le total des recettes a monté à 9,4 millions pour l'Etat à 12,8 pour les Compagnies. Le rapport de la dépense à la recette brute a été : pour l'Etat de 54,25 0/0 ; pour les Compagnies de 47,66 0/0. Nous retrouvons encore ici l'avantage de l'exploitation par les Compagnies au point de vue de l'économie.

Le coût de construction (en millions de florins) était en 1880 : pour l'Etat, 152,4 ou de 127,122 florins par kilomètre ; pour les Compagnies de 107,4 ou de 95,573 florins par kilomètre.

Italie. Le réseau italien se répartissait, comme celui de presque tous les autres pays, entre l'Etat et les Compagnies. Il comprenait, au 1er janvier 1880, une longueur totale exploitée de 8,599 kilomètres, dont 5,128 kilomètres appartenant à l'Etat et 3,471 aux Compagnies. Le coût total de construction pour l'ensemble du réseau montait, en 1880, à 2,616,737,800 lires (francs), soit à 314,307 lires par kilomètre. Il a été transporté, même année, sur ce réseau, 32,5 millions de voyageurs et 9,3 millions de tonnes de marchandises. La recette totale a monté à 74,5 millions de lires pour les voyageurs, à 101,9 pour les marchandises, à 36 pour les autres produits ; en tout à 212 millions de lires. Les frais d'exploitation ont monté à 122,3 millions, soit à 67,90 0/0 des recettes brutes.

Le matériel roulant comprenait, même année, 1,443 locomotives, 4,580 voitures et 24,284 vagons.

Au 28 février 1882, on comptait 157 lignes nouvelles adjugées, en cours de construction ou projetées. Ces lignes avaient une longueur approximative de 1,155k et leur coût de construction était évalué à 337,532,441 lires

Portugal. Au 1er janvier 1880, le réseau portugais avait une étendue de 1,136 kilomètres en exploitation, dont 507 appartenant à la Compagnie franco-portugaise. Le gouvernement n'a fait, jusqu'à ce jour, aucune publication sur le produit et le coût des transports.

Roumanie. Le réseau roumanien avait, fin 1878 (dernière année dont les résultats sont connus), une longueur de 921 kilomètres. Les recettes ont été, même année, de 28,272,722 francs se décomposant comme suit : voyageurs, bagages et grande vitesse 13,347,215 francs ; transports à petite vitesse 14,837,679 ; produits divers 87,828 ; total 28,272,722 francs ou 30,698 francs par kilomètre. La dépense a été de 17,098,224 francs ou de 18,565 francs par kilomètre, laissant un produit net de 12,183 francs par kilomètre. Le rapport de la dépense à la recette brute a été de 60,15 0/0.

1,155,956 voyageurs ont été transportés en 1878 ; ils se sont répartis par classe comme suit :

	Pour 100 voyageurs	Pour 100 francs de recettes
1re classe.	4.54	9.83
2e —	19.75	23.25
3e —	50.98	30.15
Soldats russes . .	24.73	36.77
	100.00	100.00

Russie. En 1879 (dernière année des résultats officiellement publiés), le réseau de ce pays avait une longueur de 20,803 verstes (de 1,067 mètres). Les recettes (en millions de roubles d'argent de 4 francs) ont été, même année, de 213 millions en nombre rond ; les dépenses de 151,2 millions de roubles ; les recettes nettes de 62 millions. Le rapport de la dépense à la recette brute a été de 70,9 p. 0/0 (de 62,75 d'après d'autres documents).

Les faibles produits nets du réseau russe sont attribués, par la *Gazette de Saint-Pétersbourg*, en grande partie à l'accroissement incessant des dépenses. En effet, bien qu'en 1880, les transports aient augmenté par rapport aux années précédentes et les recettes également, la proportion 0/0 des dépenses s'est accrue, comme l'indique le tableau ci-après :

	Pour 100 des dépenses		Pour 100 des dépenses
1880. . . .	78.46	1875. . . .	65.23
1879. . . .	70.66	1874. . . .	62.75
1878. . . .	65.55	1873. . . .	58.23
1877. . . .	62.65	1872. . . .	64.23
1876. . . .	67.77	1871. . . .	63.77

Ainsi, les frais d'exploitation se sont à peu près constamment accrus et comme la dépense en capital s'est également accrue, la rémunération de ce capital a diminué sans relâche.

	Pour 100		Pour 100
1880.	1.83	1875	3.20
1879.	2.66	1874	3.69
1878.	3.33	1873	3.78
1877.	3.53	1872	2.91
1876.	2.83	1871	2.82

Le capital de construction ayant été emprunté à 5 et même à 6 0/0, une rémunération de 1,83 0/0 oblige l'Etat à payer des sommes considérables en subventions. Ces sommes s'accroissent, en effet, d'année en année ; 34,232,800 roubles en 1877, 38,554,500 roubles en 1878, 48,816,700 roubles en 1879 et 53 millions en 1880. Au 31 décembre 1878, l'Etat était déjà créancier des Compagnies, du chef de ces avances, d'une somme de 666 millions de roubles-argent et de 318 millions de roubles-papier (le rouble-papier ne valant guère, en ce moment, plus de 2 fr. 60).

Au *point de vue de la garantie d'intérêt* par l'Etat, les Compagnies russes se divisent comme suit : 1° lignes n'ayant recours à l'Etat ni pour leurs actions, ni pour leurs obligations, au nombre de neuf; 2° lignes ayant recours à l'Etat pour le service de leurs obligations seulement, au nombre de six ; 3° lignes ayant recours à l'Etat pour le service des actions seulement, au nombre de trois ; 4° lignes obligées de recourir à la garantie d'intérêt à la fois pour leurs obligations et leurs actions, au nombre de douze, auxquels il faut joindre les chemins transcaucasiens ; 5° lignes recourant à l'Etat non seulement pour le service des actions et obligations, mais encore pour faire face à leurs frais d'exploitation, au nombre de trois.

En 1879, 11 Compagnies ont pu se passer de la garantie; 21 y ont recouru dans la mesure du maximum pour 9 et, pour les 12 autres, dans des proportions qui ont varié entre 98,4 et 6,8 0/0.

Scandinavie. (*a*) *Danemark.* Le réseau danois, construit a une seule voie, se répartissait comme suit, en 1879, entre l'Etat et les Compagnies (en milles de 7,532 mètres) : Etat 113 ; Compagnies 62 milles ; total 175.

Les résultats généraux de l'exploitation ont été les suivants en 1879 : voyageurs 2,674,000 transportés par le réseau de l'Etat, 3,216,000 par le réseau des Compagnies ; marchandises 9,495,000 tonnes métriques transportées par l'Etat, 9,863,000 par les Compagnies. Les recettes ont été en 1879 : 2,513,000 couronnes (de 1 fr. 42) pour le transport des voyageurs par l'Etat et 3,013,000 couronnes pour le même transport par les Compagnies ; 2,379,000 couronnes pour les marchandises transportées par l'Etat et 2.045,000 couronnes pour le même transport par les Compagnies ; enfin, les recettes diverses ont monté à 2,045,000 couronnes pour l'Etat et à 343,000 couronnes pour les Compagnies. Le total des recettes a monté à 5,135,000 couronnes pour l'Etat, à 5,133,000 couronnes pour les Compagnies. Les frais d'exploitation ont été de 77,93 *0/0 des recettes pour l'Etat et seulement* de 49,85 pour les Compagnies. Un aussi grand écart ne saurait s'expliquer exclusivement par un plus grand esprit d'économie chez ces dernières ; il a probablement aussi pour cause une exploitation plus onéreuse des lignes de l'Etat, qui s'est probablement chargé de la construction des chemins les plus coûteux et les moins productifs.

(*b*) *Norwège.* Le réseau se divise également entre l'Etat (957 kilomètres) en 1878-1879 et les Compagnies (68 kilomètres) et avait, à cette date, une longueur totale de 1,025 kilomètres. Le coût de construction du réseau de l'Etat s'élevait, même date, à 90,707,000 francs, soit à 93,780 francs par kilomètre (*à une seule voie*) ; la même dépense pour le réseau des Compagnies a été de 11,826,000 francs, soit de 174,044 francs par kilomètre (également à une seule voie).

Les frais d'exploitation ont été, pour l'Etat, de 77,55 0/0; pour les Compagnies, de 49,43 0/0. Ici encore l'Etat exploite plus chèrement que l'industrie privée ; mais reste toujours à savoir si les conditions d'exploitation sont les mêmes.

(*c*) *Suède.* Le réseau se partage également entre l'Etat (1,937 kilomètres à une voie en 1879) et les Compagnies (3,821 kilomètres à une seule voie). Le réseau de l'Etat avait coûté, en 1879, 189,625,595 couronnes (de 1 fr. 42) ou 97,896 couronnes par kilomètre et celui des Compagnies 49,243 couronnes par kilomètre, distraction faite de 153 kilomètres pour lesquels on manque de renseignements à ce sujet. D'après un pareil écart, il est évident, que les lignes de l'Etat ont présenté des difficultés d'exécution exceptionnelles.

Le réseau de l'Etat a transporté 3 millions de voyageurs en 1879, et celui des Compagnies, 3,340,410 ; c'est, pour l'Etat, 1,496 voyageurs par kilomètre et 910 pour les Compagnies. L'Etat a transporté 1,543,988 tonnes de marchandises ou 806 par kilomètre et le réseau des Compagnies 3,391,765 ou 1,700 par kilomètre. Les recettes de l'Etat ont été de 14,310,014 couronnes ou de 7,387 par kilomètre ; celles des Compagnies de 12,316,972 couronnes ou 3,358 par kilomètre. Les frais d'exploitation ont été : pour l'Etat, de 9,903,086 couronnes ou de 5,112 par kilomètre, et, pour les Compagnies, de 7,036,874 couronnes ou de 1,918 par kilomètre. Le rapport aux recettes a été de 69,23 0/0 pour l'Etat, de 57,13 pour les Compagnies.

Serbie. Une société financière française avait traité avec le gouvernement serbe pour la construction et l'exploitation du réseau de ce pays. La faillite de cette Compagnie, en même temps qu'elle aurait pu faire perdre une forte somme à l'Etat serbe, la société ayant reçu et se disposant à négocier une notable partie des obligations que cet Etat devait émettre, aurait retardé pour longtemps l'exécution du réseau projeté, si une seconde société française — ayant une meilleure situation financière — n'avait récemment pris la place de celle-ci.

Suisse. Au 31 décembre 1880, le réseau exploité avait une étendue de 2,510 kilomètres, ayant coûté 962,165,525 francs, soit 300,624 francs par kilomètre. Il a transporté, en 1880, 21,608,181 voyageurs, dont 512,065 de première classe, 3,862,707 de deuxième et 17,433,807 de troisième. Les autres transports ont été les suivants : 5,627,340 tonnes de marchandises, 677,032 têtes de bétail, 85,915 tonnes métriques de bagages. La recette a été de 60,020,371 francs, la dépense de 31,916,059 francs, ou de 53,16 *0/0* de la recette.

Le réseau suisse vient de s'enrichir du chemin du St-Gothard, d'une étendue de 263 kilomètres, dont l'exécution est peut-être le plus beau triomphe du génie civil de notre temps. Cette ligne, qui a été percée à travers les Alpes sur une longueur d'environ 15 kilomètres (le tunnel le plus considérable qui existe en Europe), est appelée à exercer une influence considérable sur le transit du commerce international, particulièrement dans la direction du Levant. Elle doit, en outre, favoriser les importations allemandes en Italie aux dépens des industries anglaise, française et autrichienne, qui approvisionnaient naguère à peu près exclusivement l'Italie. Au point de vue politique et notamment de la facilité, pour une armée italienne, de faire sa jonction avec une armée allemande pour envahir la France par la Suisse, — dont la neutralité ne serait

guère respectée dans le cas d'une nouvelle guerre, — elle a en outre une importance stratégique considérable.

Turquie. D'après un rapport publié en mai 1881 par la chambre de commerce austro-hongroise de Constantinople, le réseau turc avait, à cette date, un développement de 1,382 kilomètres, se répartissant, comme suit, entre les cinq lignes ci-après : Constantinople-Andrinople 319 kilomètres; Dedeagh-Andrinople-Serambey 382 ; Tirnova-Jamboli 106 ; Salonique-Mitrovitza 363 ; Routschouk-Varna 221. La recette-voyageurs a été de 5,772,630 piastres (la piastre turque = 0 fr. 22) en 1880, contre 5,212,570 en 1879. La recette totale a monté à 21,079,425 piastres ou à 4,637,473 francs, soit 15,121 piastres ou 3,327 francs par kilomètre.

Nous avions l'intention de terminer par un tableau récapitulatif synoptique des documents qui précèdent ; mais nous avons vérifié que ces documents ne présentent que des analogies très lointaines et ne sauraient, par conséquent, être utilement comparés.

II. Amérique. *(a) Amérique Nord. Etats-Unis.* Le réseau de l'Union avait, au 31 décembre 1880, une longueur de 93,671 milles anglais (150,717 kilomètres). Il s'est accru, en 1881, de 8,000 milles (13,000 kilomètres) en nombre rond et peut-être évalué, à la fin de cette même année, à 164,000 kilomètres. Nous donnons, à ce sujet, les estimations les plus modérées, plusieurs feuilles spéciales américaines allant au delà de ce chiffre On se demande, en présence de pareils accroissements, comment les Compagnies qui entreprennent des chemins nouveaux, tous d'un produit plus que douteux (les lignes fructueuses étant construites depuis longtemps) peuvent réunir le capital, évidemment très considérable, de construction, surtout en présence du discrédit qui frappe, en Europe, un grand nombre des valeurs américaines de chemins de fer

Le réseau des Etats-Unis a été établi, comme le réseau anglais, sans plan d'ensemble, sans étude préalable des besoins généraux de la circulation, le congrès accordant, en outre, des concessions sans se préoccuper des lignes concurrentes, du produit probable, de la solvabilité des Compagnies, des garanties offertes aux actionnaires et obligataires. Le gouvernement fédéral n'est intervenu dans la construction du réseau ni par une garantie d'intérêt, ni par des subventions en travaux ou en argent, mais, pour certaines lignes d'une grande étendue et présentant des difficultés d'exécution exceptionnelles, par des concessions gratuites de terres domaniales. Les divers Etats ont également accordé à certaines Compagnies des subventions de cette nature.

Dans ces dernières années, les lignes concurrentes pour une même direction se sont fait une guerre acharnée de tarifs. Cette guerre a eu naturellement pour effet de réduire sensiblement leurs recettes ; mais elle a amené un accroissement énorme des transports, et surtout des transports de denrées alimentaires, principalement destinées à l'exportation. Delà les bas prix auxquels, dans ces mêmes années, les céréales des Etats-Unis ont envahi les marchés européens, faisant aux agricultures locales une concurrence ruineuse. La lutte paraît être terminée en ce moment et, par suite, les tarifs ont été relevés.

Les documents dignes de foi sur le coût de construction et sur les résultats de l'exploitation du réseau américain, sont rares en l'absence de toute publication officielle. Ceux qui suivent nous ont paru les moins exagérés.

En 1879, la construction des 81,041 milles (130,329 kilomètres) alors en exploitation aurait coûté 4,590,000,000 dollars ou 24,1 milliards de francs, soit 184,897 francs par kilomètre.

On a constaté, par suite des abaissements de tarifs résultant de la lutte engagée entre les Compagnies concurrentes, des diminutions sensibles du total des recettes. De 527 millions de dollars en 1873, on tombe, en effet, à 477 en 1877, pour remonter à 490 en 1878. C'est une recette kilométrique de 7,495 dollars (le dollar = 5 fr. 25) en 1873 et de 6,082 dollars en 1878. Les frais d'exploitation ont diminué en même temps que les recettes : 343 millions de dollars en 1873, ou 65,08 0/0 de la recette et 303 millions en 1878 ou 61,83 0/0 de la recette.

Un journal spécial américain, le *Railroad Gazette,* donne, sur les résultats de l'exploitation en 1880, les renseignements suivants, beaucoup plus favorables, s'ils sont exacts. Le tableau ci-après qui les résume, répartit le réseau par grandes subdivisions géographiques.

Régions	Longueur du réseau en milles	Recettes		Dividendes
		brutes	nettes	
		d.	d.	d.
Nouvelle Angleterre.	5.959.70	48.755.609	17.193.685	13.345.560
Centre	15.335.39	199.003.718	83.923.393	67.146.181
Sud	15.912.31	48.317.754	18.124.034	11.532.568
Ouest.	50.585.29	290.588.190	125.116.218	82.592.163
Pacifique.	5.876.81	28.736.660	10.786.106	10.965.067
	93.669.50	615.401.931	255.143.436	185.581.539

D'après la même autorité, le capital engagé dans la construction des chemins américains aurait été, en 1880, pour un réseau de 84,225 milles (135,418 kilomètres), de 5,108,241,906 dollars (26,817,000,000 francs) soit 198,000 francs par kilomètre.

Le coefficient d'exploitation (rapport 0/0 des dépenses aux recettes) et le rapport 0/0 du produit net au capital (rentabilite) auraient suivi le mouvement ci-après de 1874 à 1880 :

Années	Coefficient d'exploitation	Rentabilité
1874	63.6	4.49
1875	63.1	4.20
1876	62.5	4.16
1877	63.8	3.74
1878	61.7	4.04
1879	58.8	4.49
1880	58.5	5.00

On évaluait, comme suit, au 1er janvier 1879, le matériel roulant du réseau américain : 16,445 locomotives, représentant une valeur de 822 millions de francs et 300,000 vagons, tant de voyageurs que de marchandises, valant 3,822 millions de francs.

Canada. On y comptait, au 31 juin 1881, 7,260 milles (11,681 kilomètres) ayant absorbé un capital de 389,285,700 dollars (2,043,825,000 francs), soit 175,000 francs par kilomètre. Sur ce capital, l'émission des actions et obligations a donné 284,419,293 dollars; les subventions des divers Etats et des municipalités de la confédération, connue sous le nom de *Dominion*, ont produit 389,285,700 dollars.

A la même date, 3,245 milles étaient en construction

Le dividende, sur le capital-actions et obligations seulement, a été, en 1880, de 2,79 0/0, résultat peu brillant Les pays et communes subventionnaires n'ont rien reçu.

Les recettes et les dépenses ont été comme suit en 1879-80 et 1880-81 :

	1880-81 d.	1879-80 d.
Recettes.	27.987.509	23.561.447
Dépenses. . . .	20.121.418	16.840.705
Recettes nettes. .	7.866.091	6.720.742

Le rapport des dépenses aux recettes a monté à 71,9 0/0 en 1880-81.

(*b*) *Amérique-Sud. Argentine* (République). Le réseau de cette république était, en 1880, de 2,473 kilomètres. Le coût de construction en 1876, pour un réseau de 2,205 kilomètres, avait été de 284,430,425 francs, soit de 129,000 francs par kilomètre. Le rapport des dépenses aux recettes a été de 69,06 0/0 en 1876. Les lignes en exploitation, actuellement au nombre de 11, aboutissent toutes à Buenos-Ayres. Sauf celles de Tucuman et de l'Andin, qui appartiennent à l'Etat, les autres sont la propriété de la Compagnie à laquelle le trésor accorde une garantie d'intérêt de 7 0/0 ; mais le plus grand nombre, exploitant dans des conditions favorables, ne fait pas appel à la garantie.

Brésil. Au 1er janvier 1880, le réseau brésilien avait une étendue de 1,077 milles anglais (1,733 kilomètres), répartis entre un certain nombre de Compagnies auxquelles l'Etat a garanti un intérêt de 6 0/0 pour un capital de 13,681,538 liv. st. (342,038,450 francs).

Les concessions sont perpétuelles. Toutefois, l'Etat s'est réservé le droit de rachat après 30 années d'exploitation pour le plus grand nombre des lignes et après 90 ans pour trois seulement. Le gouvernement entre en partage des bénéfices quand ils dépassent de 7 3/4 à 8 0/0 suivant les lignes.

Chili. Le réseau était, vers le milieu de 1878, de 1,550 kilomètres et on comptait 334 kilomètres en construction. Il est construit aux frais de l'Etat, qui s'est chargé de son exploitation. Quand les travaux en cours seront terminés, le réseau offrira une ligne continue reliant, par le centre même du pays, Valparaiso et Santiago aux frontières de l'Araucanie.

Mexique. Au 1er janvier 1881, le réseau exploité avait une longueur de 903 kilomètres 1/2; le réseau en construction a une étendue de 13,099k,7. A la date précitée, l'Etat avait accordé, pour les chemins tant en exploitation que concédés, une subvention totale de 467,265,000 francs.

Pérou. Au 1er janvier 1878, le réseau péruvien avait une longueur de 2,510 kilomètres, dont 1,920 appartenant à l'Etat.

La recette-voyageurs a été, même année, de 47,06 et la recette-marchandises de 52,94 0/0 du total des recettes.

III. Australie. *Nouvelles Galles du Sud.* Le tableau suivant résume les opérations de son réseau de 1870 à 1880.

Années	Réseau (en milles anglais)	Recettes	Dépenses	Recettes nettes	Recette nette par mille
		liv. sterl.	liv. sterl.	liv. sterl.	liv. sterl.
1880	849	1.189.564	641.481	548.083	646
1879	736	952.366	604.721	347.645	472
1877	643	815.920	418.985	396.935	617
1875	437	614.648	296.174	317.474	726
1870	329	307.142	206.003	101.139	300

Le capital du réseau exploité était, à la fin de 1878, de 244,616,125 francs et recevait un dividende de 4,73 0/0 avec une garantie d'intérêt par le gouvernement, et seulement de 3,56 sans la garantie.

Les recettes de 1878 ont été de 22,574,725 francs et les dépenses de 13,424,700 francs, soit de 59,47 0/0 des recettes.

Australie-Sud. En 1875, cette colonie avait un réseau de 300 milles (anglais) à traction de locomotives et de 71 à traction de chevaux (tramways). Sur les 300 milles, 293 appartenaient à l'Etat et 7 seulement à des Compagnies sur les 71 milles de tramways, 46 étaient la propriété de l'Etat et 25 des Compagnies.

Le coût de construction de ce réseau avait été de 1,155,267 livres sterling Le matériel roulant avait coûté 221,918 livres sterling.

A la même date, une longueur de 46 milles était en construction et à peu près terminée; elle avait coûté 677,000 livres sterling, soit 4,600 livres sterling par mille.

La recette de 1874 avait été de 132,806 livres sterling et la dépense de 124,610 livres sterling, soit de 94 0/0 de la recette.

Tasmanie. Le réseau de cette colonie se composait, en 1879, de deux lignes ayant : l'une une longueur de 133 milles, l'autre de 45 milles. La première avait coûté 450,000 livres sterling, soit 9,547 livres sterling par mille. Construite par une Compagnie, elle appartient actuellement au gouvernement. La recette de 1879 a été de 21,584 livres sterling et la dépense de 18,699 livres sterling ou de 86 0/0. La seconde a été construite également par une Compagnie, à laquelle le gouvernement a garanti, pendant 30 ans, un intérêt de 5 0/0 sur un capital de 650,000 livres sterling. En 1879, ses frais d'exploitation (52,832 livres sterling) ont été supérieurs à ses recettes (49,727 liv. st.). La compagnie a un matériel roulant de 14 locomotives et de 175 voitures et vagons. Nous n'avons, pour les autres colonies australiennes, que la longueur de leur réseau en 1880; la voici (en milles anglais) :

Victoria	Australie-Ouest	Nouvelle-Zélande	Queensland
1.199	72	1.258	633

IV. Asie. *Inde anglaise.* Le tableau suivant résume la situation du réseau de cette grande colonie anglaise au 31 décembre 1879 :

	Lignes jouissant d'une garantie d'intérêt	Lignes de l'Etat	Total
	milles	milles	milles
Longueur exploitée au 31 décembre . . .	6.095	2.901	8.996
	liv. sterl.	liv. sterl.	liv sterl.
Capital dépensé	101.716.000	26.853.000	128.569.000
Coût de construction par mille	166.871	92.568	142.912
Recettes brutes de l'année.	10.691.000	2.175.000	12.866.000
Dépenses.	4.919.000	1.561.000	6.480.000
Produit net.	5.772.000	613.000	6.385.000
Intérêt du capital sur la recette nette. . . .	5.67	2.29	4.97

Fin janvier 1881, 9,619 milles étaient en exploitation et 646 en construction. Dans le courant de l'année, 318 milles ont été ouverts à la circulation et la construction dè 1,482 milles avait été autorisée. Par suite, on comptait, au 31 décembre, 9,937 milles en exploitation.

On estime que la dépense totale du réseau montera au 31 décembre 1883, c'est-à-dire après l'achèvement des lignes en construction, à 138,937,000 livres sterling, savoir : 68,292,000 livres sterling pour les chemins garantis ; 31,852,000 livres sterling pour les lignes de l'Etat et 38,793,000 livres sterling pour la ligne de l'Inde orientale (*East India railway*).

Cette ligne, exploitée par l'Etat, lui a donné un bénéfice très élevé.

La dépense nette par l'Etat pour la garantie d'intérêt est évaluée, pour l'année fiscale 1882-83, à 261,000 livres sterling contre 115,000 livres sterling en 1881-82.

Chine. Le principal obstacle à l'établissement de chemin de fer dans le Céleste Empire est surtout dans ce fait qu'il n'y existe pas de cimetière, les habitants se faisant enterrer dans les jardins contigus à leur habitation. Or, l'expropriation de ces jardins pour cause d'utilité publique, constituerait la plus grave des profanations. Aussi le gouvernement a-t-il constamment repoussé les demandes de concessions. Il est même allé plus loin en expropriant et en détruisant une petite ligne construite sans autorisation par des Européens. Mais, tout récemment, un haut fonctionnaire n'a pas craint d'adresser au gouvernement un rapport développé sur l'utilité d'un réseau de quatre grandes lignes partant de Pékin pour se diriger, deux au Sud, deux au Nord. Pour ménager les finances de l'Etat, on se bornerait provisoirement à construire une des lignes du Sud. Le Conseil de l'Empire aurait, dit-on, consenti à prendre connaissance de ce rapport.

Colonies hollandaises du sud-ouest de l'Asie. Elles avaient, en 1880, un réseau exploité de 670 kilomètres et à peu près autant en construction.

Japon. Il possédait, en 1879, un réseau de 121 kilomètres et une Société de construction, fortement organisée, en étudiait un second de 1,800 kilomètres, exigeant une dépense estimative de 19 millions sterling.

V. Afrique. *Cap de Bonne-Espérance.* Cette colonie avait, au 31 décembre 1881, un réseau exploité de 961 milles, réseau construit et exploité par l'Etat. Les recettes brutes ont été de 639,210 livres sterling, en 1880 ; de 874,846 livres sterling, en 1881

Natal exploite, depuis 1879, un chemin dont nous regrettons de ne pas connaître l'étendue.

L'Egypte possède diverses lignes sur l'étendue desquelles nous avons pu recueillir les renseignements suivants :

Lignes	Kil.
D'Alexandrie au Caire	209
D'Alexandrie à Rosette	75
Du Caire à Suez	270
De Tantah à Damiette (embranchement de la ligne d'Alexandrie au Caire)	115
Egypte supérieure, chemin du Siout	488
	1157

Enfin, nous avons vu que, fin 1880, *l'Algérie* possédait un réseau de 1,282 kilomètres qui, d'après l'état actuel des concessions nouvelles, sera doublé dans un avenir peu éloigné.

Nous croyons devoir récapituler dans les deux tableaux ci-après les longueurs exploitées : 1° en Europe ; 2° hors d'Europe, d'après les documents qui précèdent.

Les renseignements qui nous ont servi à établir ces tableaux, résumant, comme nous le disons, les observations précédentes, sont tirés de documents récents qui nous ont été fournis par différentes administrations publiques et privées.

1° *Chemins d'Europe.*

Pays	Années	Longueurs des réseaux
		kil.
Allemagne	1879	32.890
Angleterre	1880	28.992
Autriche-Hongrie	1880	15.408
Belgique	1880	4.112
France	1881	27.458
Espagne	1877	6.129
Hollande	1880	2.323
Italie	1880	8,599
Portugal	1880	1.136
Roumanie	1879	921
Russie	1879	22.197
Scandinavie :		
(a) Danemark	1879	1.308
(b) Norwège	1877	1.025
(c) Suède	1877	5.758
Suisse	1880	2.571
Turquie	1880	1,394
Totaux		165.221

2° *Chemins hors d'Europe.*

Pays	Dates	Longueurs exploitées
		kil.
I. Amérique-Nord.		
Etats-Unis	1880	150.717
Canada	1881	11.681
II. Amérique-Sud.		
Argentine (République)	1880	2.473
Brésil	1880	1.733
Chili	1878	1.750
Mexique	1881	903
Pérou	1878	2.510
III. Australie.		
Nouvelles-Galles-Sud	1880	849
Australie-Sud	1873	483
Tasmanie	1879	286
Victoria	1879	1.931
Australie-Ouest	1879	116
Nouvelle-Zélande	1879	2.026
Queensland	1879	1.068
IV. Asie.		
Inde-Anglaise	1881	15.989
Chine	?	?
Colonies hollandaises du S.-O. de l'Asie	1880	670
Japon	1879	121
V. Afrique.		
Cap de Bonne-Espérance	1881	1.547
Natal	?	?
Egypte	1880	1.158
Algérie	1880	1.282
Totaux		198.193

A. L.

Chemins de fer spéciaux.

Le plan de cet ouvrage ne nous permet pas d'aborder ici les questions purement techniques, lesquelles sont étudiées dans l'ordre alphabétique, cependant nous retenons l'exposé des chemins de fer spéciaux que la logique impose à notre attention. Cette catégorie de chemins ne peut être confondue avec l'établissement des voies ferrées ordinaires, car

elle présente un intérêt tout particulier en raison des difficultés à vaincre et du but à atteindre. Nous la diviserons en quatre parties, les *chemins de fer dans les montagnes*, *les chemins de fer dans les villes*, *les chemins sous-marins*, et ceux que nous désignerons sous ce titre : *chemins de fer ruraux et industriels*.

CHEMINS DE FER DANS LES MONTAGNES

La traction en rampe. *Le système Fell.* A l'origine des chemins de fer, lorsqu'on regardait encore l'adhérence sur les rails porteurs comme insuffisante pour assurer la traction sur les voies ferrées, on avait songé déjà à ajouter au milieu de la voie un troisième rail sur lequel la locomotive aurait trouvé son point d'appui en exerçant une pression plus ou moins considérable par l'intermédiaire de roues de friction spéciales.

Cette idée, rapidement abandonnée lorsqu'on eut reconnu l'inutilité des complications qu'elle entraînait, fut reprise néanmoins en 1830 par Vignole et Ericson, et plus tard, en 1865, MM. Figuier et Duméry voulurent encore l'appliquer même sur les voies ferrées ordinaires exploitées partout par locomotives à simple adhérence. Une pareille tentative, qui devait entraîner des difficultés de tout genre dans la construction des machines, dans l'établissement et l'exploitation des voies ferrées, ne pouvait se justifier évidemment que si l'adhérence avait été réellement impuissante à assurer une exploitation régulière. L'expérience de tous les jours prouvait manifestement le contraire, et dès lors l'idée de munir toutes les voies ferrées d'un rail central ne pouvait avoir aucun succès.

Ce n'est pas qu'il n'y ait là néanmoins, pour l'adhérence un auxiliaire précieux, mais il ne faut y avoir recours que dans certaines conditions spéciales, dans les fortes rampes, par exemple, lorsque la locomotive est obligée de chercher ailleurs le point d'appui qui lui fait défaut sur les rails. Toute sa puissance se trouve occupée alors par l'effort de pression qu'elle développe sur le rail central et qui se convertit par là en effort de traction. Comme le travail de la machine ne peut pas varier, la vitesse diminue évidemment dans un rapport inverse, et par suite cette machine ainsi modifiée conserve toujours nécessairement une marche plus lente que la locomotive à simple adhérence, si elle peut développer, d'autre part, un effort de traction plus élevé.

C'est dans ces conditions spéciales et les seules justifiées, que l'idée de la voie à rail central a été reprise par M. Fell qui a réussi dans les circonstances les plus difficiles, à la faire fonctionner réellement en pratique, et il a en quelque sorte attaché son nom au système. Après un premier essai en 1863 à High Park, près de Manchester, M. Fell tenta d'appliquer la voie à rail central à la traversée du Mont-Cenis, et la ligne qu'il construisit put se maintenir en exploitation sans accident sérieux pendant toute la durée des travaux du grand tunnel. On conçoit immédiatement toutes les difficultés que présentait une entreprise si nouvelle dans l'exploitation des chemins de fer. C'était certes un projet des plus audacieux que de vouloir conduire la locomotive jusqu'au sommet de la grande chaîne des Alpes et de la faire circuler sur une route escarpée avec des rampes atteignant souvent 0,08 sur le bord d'abîmes sans fond et en prévenant les accidents si terribles que pourrait entraîner le moindre déraillement dans des conditions pareilles. Cette application si originale mérite donc d'être citée avec honneur dans l'histoire des chemins de fer ; mais cependant, si elle fait le plus grand honneur à l'habileté et au talent des ingénieurs qui l'ont conduite, il faut bien reconnaître qu'elle n'apporte pas un argument décisif en faveur du système lui-même. Ce n'est pas là probablement qu'il faut chercher encore la véritable solution pratique du problème de la traversée des montagnes par les voies ferrées ; car le système Fell s'est trouvé tout à fait impuissant pour le transport des marchandises, et celles-ci ont dû continuer à suivre la route de terre. Disons néanmoins que l'idée n'est pas encore aujourd'hui entièrement abandonnée et elle paraît appelée même à donner des résultats favorables sur certaines lignes spéciales établies plutôt dans un but de curiosité pour des touristes, par exemple. Elle est appliquée en effet dans ces conditions au Brésil, sur la rampe de Caxoeïra voisine de Rio-de-Janeiro. M. Tarbé des Sablons avait proposé également d'y avoir recours pour l'établissement de la ligne de Cauterets à La Raillière dans les Pyrénées.

Telle quelle était appliquée au Mont Cenis, la voie Fell était installée sur le bas-côté de la route des Alpes, et elle avait par suite une largeur un peu réduite de $1^m,10$. Le rail central comprenait un rail ordinaire boulonné à plat sur des supports en fer rattachés à des longrines fixées aux traverses, et surélevé de $0^m,267$ au-dessus du niveau des rails porteurs. Ce rail se continuait sur toutes les parties en rampe, mais il était supprimé sur les paliers où la locomotive fonctionnait alors par simple adhérence comme une machine ordinaire. D'autre part, ce rail central était aussi interrompu nécessairement aux passages à niveau toutes les fois que la voie passait d'un côté à l'autre de la route. Ces solutions de continuité quand elles se produisaient en rampe étaient, comme on le conçoit, des plus fâcheuses pour l'exploitation, et il fallait revenir à des précautions spéciales dont nous parlerons plus bas pour les franchir.

La machine employée était une locomotive à huit roues motrices accouplées formant deux groupes distincts : celui des roues porteuses verticales et celui des roues de friction toutes horizontales et qui étaient pressées au contact du rail central. Le type même de cette machine avait été modifié à différentes reprises dans l'essai de Manchester. M. Fell avait, en effet, adopté à l'origine deux appareils moteurs complètement indépendants, commandant l'un les roues porteuses et l'autre les roues de friction, mais cette disposition ne fut pas conservée au Mont Cenis où on voulut n'avoir plus qu'un moteur unique. Cependant, on dut revenir à la fin aux deux moteurs distincts, et on reconnut qu'il était trop gênant d'établir une solidarité complète entre les roues porteuses et les roues de friction dont le travail varie continuellement avec

la pression, sans compter les difficultés qu'entraînent les glissements résultant de la moindre différence de diamètre entre les huit roues. Nous n'étudierons pas ici en détail toute l'installation d'une locomotive Fell, nous y reviendrons d'ailleurs au mot LOCOMOTIVE, nous nous bornerons à dire quelques mots des moyens employés pour assurer la commande des roues horizontales, car c'est là évidemment le trait particulier de ces machines. Dans le troisième type, par exemple, l'appareil moteur spécial des quatre roues de friction était formé par deux cylindres intérieurs latéraux dont les bielles agissaient sur un arbre vertical commandant, par l'intermédiaire de pignons dentés, les arbres de ces roues.

On remarquera, d'autre part, que les roues qui se font face de chaque côté du rail doivent être accouplées deux à deux pour éviter les points morts ; mais on comprend immédiatement qu'il était impossible d'employer les bielles ordinaires comme pour l'accouplement des roues motrices de locomotives, puisque les roues de friction tournent nécessairement en sens inverse. On se trouve placé ainsi en présence d'une condition des plus difficiles à réaliser dans l'établissement des machines Fell. Dans ce dernier type on a employé, à cet effet, des roues dentées qu'on calait sur les deux arbres parallèles placés de part et d'autre du rail, et celles-ci en engrenant entre elles maintenaient bien les deux mouvements solidaires. Cette solution a été modifiée d'une manière très ingénieuse sur la ligne récemment construite de Caxoeïra au Brésil où le système Fell est, paraît-il, actuellement appliqué. Nous indiquerons seulement ici le principe de cette disposition qui consiste à traiter les deux arbres verticaux commandant les deux roues de friction placées d'un même côté du rail comme deux essieux, l'un moteur, l'autre accouplé, commandés à la fois par deux cylindres, ce qui supprime complètement les points morts ; car on a eu soin de placer les deux manivelles motrices à 90°, comme dans le cas ordinaire. On se trouverait ainsi amené à avoir, de chaque côté du rail, deux cylindres moteurs et, par suite, quatre en tout pour commander seulement les roues de friction ; mais, on est arrivé néanmoins à n'employer que deux cylindres seulement, en les reportant l'un au-dessus de l'autre, dans le plan de symétrie de la machine et faisant agir à la fois chacun d'eux sur l'arbre moteur de droite et sur celui de gauche. La tige de chaque piston est munie, à cet effet, d'une traverse en forme de T d'une longueur égale à l'écartement de ces deux arbres, et à chacune des extrémités est attachée une bielle motrice reliée à l'arbre correspondant qu'elle commande ainsi dans les mêmes conditions que si le piston était dédoublé et reporté dans le plan vertical de chacun d'eux. La traverse attachée à la tige du piston du cylindre inférieur commande de même les deux autres coudes ménagés sur les arbres à angle droit avec ceux des bielles du cylindre supérieur.

Dans les machines du Mont-Cenis les roues horizontales pouvaient être pressées plus ou moins fortement, comme nous l'avons dit, au contact du rail ; elles étaient commandées, à cet effet, par un système de leviers et de roues d'angle agissant sur un arbre horizontal à filetage indépendant qui déplaçait les paliers inférieurs des arbres verticaux des roues. Ceux-ci pouvaient recevoir, dès lors, une faible inclinaison et conservaient une certaine mobilité réglée par des ressorts antagonistes.

La machine était pourvue, indépendamment des freins ordinaires, de freins spéciaux formés par des parallélogrammes articulés dont les longs côtés venaient frotter contre les faces du rail central. Comme celui-ci présentait certaines solutions de continuité, on avait eu soin d'effiler le bout extrême sur lequel les roues de friction et les freins devaient venir en prise ; mais, le passage de ces solutions n'en présentait pas moins de grandes difficultés et le mécanicien ne devait jamais négliger de desserrer les freins au moment où il allait les franchir.

Il arrivait fréquemment, d'autre part, que l'adhérence était insuffisante, même sur le rail central, malgré l'effort des roues horizontales, d'autant plus que le mécanicien hésitait souvent à leur donner le maximum de pression pour ne pas fatiguer les pièces, et il fallait alors absolument revenir au sable malgré la difficulté de le maintenir sur la surface verticale du rail.

Les voies à crémaillère. Puisque l'adhérence est trop variable pour qu'il soit possible d'y compter d'une manière absolue même avec un rail central, on s'est trouvé naturellement amené à employer les engrenages comme intermédiaires pour la transmission de l'effort de traction. Cette idée avait d'ailleurs été appliquée déjà à l'origine des chemins de fer, par Blackinshop, en 1811, dans un temps où on ne croyait pas que l'adhérence pût avoir une valeur suffisante pour assurer l'entraînement sur une voie lisse.

L'application de la crémaillère ne pouvait évidemment avoir aucune suite pour les voies ordinaires, dès qu'on eût reconnu cette erreur ; mais sur les rampes un peu fortes, l'emploi s'en trouve réellement justifié par l'insuffisance de l'adhérence et il permet d'ailleurs d'éviter une grande partie des complications qu'entraîne le rail central.

Dans ces conditions nouvelles, la locomotive se toue en quelque sorte sur la crémaillère au moyen d'une roue dentée engrenant avec elle. L'effort de traction ainsi transmis n'a plus d'autre limite que la résistance des dents de l'engrenage, et on comprend qu'avec cette disposition il soit possible d'accepter des pentes tout à fait impraticables autrement. Il ne faut pas oublier, d'ailleurs, que la vitesse de marche reste toujours aussi réduite, et que les efforts de frottement sont au moins aussi élevés qu'avec le rail central.

On ne rencontre encore aujourd'hui cependant aucun tronçon de grande ligne internationale muni d'une crémaillère pour la traversée des hautes montagnes ; on a préféré, jusqu'à présent, et souvent au prix des plus grands sacrifices, conserver la locomotive à simple adhérence en donnant à la voie sur le flanc de la montagne

tout le développement qui lui était imposé; les voies à crémaillère n'ont encore trouvé leur application que pour certains chemins de fer spéciaux où elles ont acquis néanmoins une certaine célébrité. Elles sont installées, en effet, dans des régions particulièrement pittoresques et sur des montagnes isolées pour le transport des touristes. Les conditions générales d'établissement de ces différentes lignes varient peu de l'une à l'autre et il nous suffira de les étudier seulement pour les principales d'entre elles.

La première en date des voies à crémaillère, est celle de Mont-Washington établie, en 1866, par M. Marsh de Chicago, pour un petit chemin de plaisance. La pente de cette voie est des plus considérable, elle varie, en effet, de 0m,08 à 0m,33 par mètre, et les ouvriers qui l'ont construite devaient se maintenir sur le talus par des crampons pour ne pas être entraînés. La station inférieure est à 823 mètres, et la station supérieure à 1,921 mètres d'altitude; la hauteur totale de 1,098 mètres à franchir est rachetée en un parcours de 4,022 mètres seulement.

La crémaillère est placée dans l'axe même de la voie suivant une disposition qui a toujours été imitée depuis. La roue dentée de la locomotive est calée également au milieu de l'essieu moteur portant deux roues lisses à ses extrémités. Deux rouleaux de friction courant sur les bords de la crémaillère empêchent la machine de dérailler. La chaudière est supportée par deux tourillons autour desquels elle peut osciller librement de manière à rester verticale malgré les variations de l'inclinaison; la machine est disposée, d'ailleurs, à peu près, comme celle du Righi dont nous parlerons plus bas, et elle est munie d'un frein automatique à air et d'un frein à main. Enfin, les deux vagons qui constituent le train sont munis chacun d'une roue dentée servant de frein.

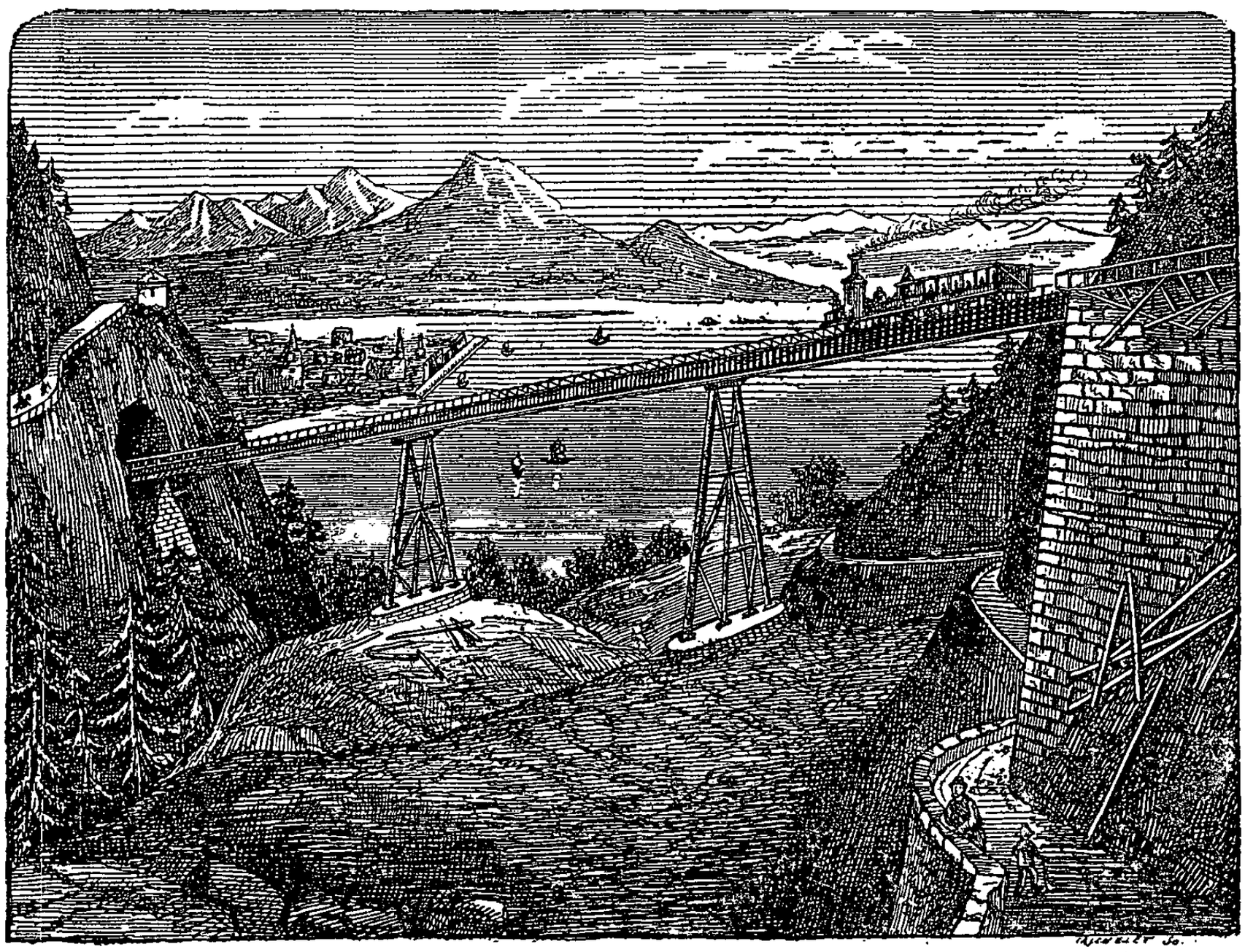


Fig. 153. — *Chemin de fer à crémaillère du Righi. Pont de Schnurtobel.*

Chemin du Righi. Cet exemple décida deux ingénieurs suisses à tenter la même application en Europe. Ils construisirent une voie analogue pour le mont Righi qui se présentait dans des conditions particulièrement favorables puisque cette montagne forme au-dessus du lac des Quatre-Cantons un massif isolé facilement accessible. Cette ligne curieuse connue aujourd'hui de tous les touristes qui ont visité la Suisse, part, comme on sait, de Witznau, sur le lac des Quatre-Cantons, pour aller jusqu'au Righi-Kulm où elle atteint le sommet de la montagne : elle franchit une hauteur totale de 1,113 mètres avec un développement longitudinal de 5,144 mètres, ce qui représente une pente moyenne de 25 centimètres par mètre (fig. 153).

Elle est établie, d'ailleurs, dans des conditions tout à fait analogues à celles de la ligne du Mont-Washington. La crémaillère installée également au milieu de la voie est constituée par

une véritable échelle en fer dont les montants en forme d'U renversé pèsent 21 kilogrammes le mètre, les échelons proprement dits sont espacés de 0m,10 d'axe en axe et rivés à froid sur les flasques. La crémaillère est formée de tronçons de 3 mètres de longueur fixés par des tire-fonds sur les traverses et assemblés entre eux par des couvre-joints boulonnés.

Quant à la voie elle-même, elle est formée de rails Vignole de 15k6 le mètre, maintenus à l'écartement ordinaire ; les traverses qui les supportent sont assemblées d'autre part sur des longrines extérieures pour prévenir tout déplacement sur la rampe.

La voie est unique sur tout son parcours avec un croisement au milieu à Freiberg. L'aiguille ordinaire est remplacée par un pont tournant mobile autour d'un pivot central et de longueur suffisante pour contenir à la fois la machine et l'unique vagon qu'elle remorque.

La locomotive se distingue de celle du Mont-Washington par sa chaudière fixée invariablement sur le châssis. Cette chaudière est installée d'avance avec l'inclinaison correspondante à la rampe moyenne de la voie de manière à ne pas découvrir le ciel du foyer. La pression normale est de 12 atmosphères.

La roue toueuse, la seule motrice, est commandée elle-même par l'intermédiaire d'un pignon et d'un roue dentée calée sur l'arbre moteur.

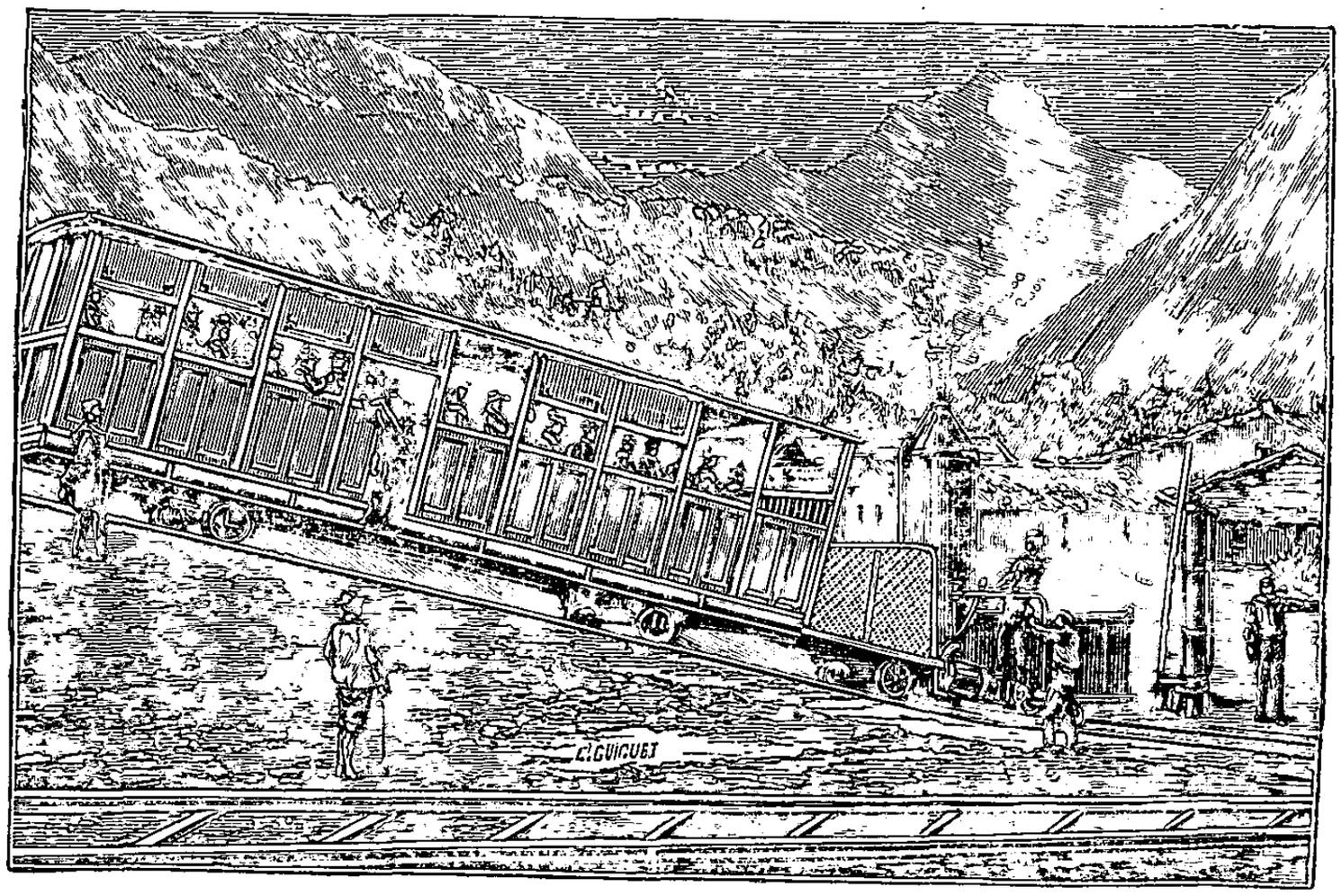


Fig. 154. — *Chemin de fer à crémaillère du Righi. Locomotive et vagon.*

Les roues porteuses, au nombre de quatre, sont folles sur les essieux, disposition qui permet de franchir sans difficulté les courbes de petit rayon.

Les freins à main sont formés par des poulies à cannelures calées sur les deux arbres moteurs, et que le mécanicien peut enrayer à volonté en pressant plus ou moins fortement un levier cannelé dont les saillies pénètrent dans les creux de la poulie. Il arrive ainsi facilement à immobiliser la roue toueuse, et il arrête de même le vagon dont les roues sont calées sur l'essieu enrayé par les freins (fig. 154).

A la descente, la vitesse de marche est réglée au moyen d'un frein spécial agissant par compression de l'air; c'est-à-dire que les pistons continuent encore leur mouvement dans les mêmes conditions que si la vapeur de la chaudière était toujours admise dans les cylindres, seulement ils aspirent dans ce cas l'air extérieur qui se trouve refoulé dans le tuyau d'admission, et comme le régulateur est fermé, cet air ne peut pénétrer dans la chaudière; mais, il est rejeté au dehors par un orifice plus ou moins étranglé. C'est, d'ailleurs, une disposition analogue à celle qui a été appliquée par M. Debergue, sur la ligne d'Enghien à Montmorency.

La vitesse de marche est de 5 kilomètres à l'heure, et le trajet total de Witznau au Righi-Kulm s'accomplit en une heure quarante-cinq minutes. La ligne est exploitée seulement en été, pour n'avoir pas à déblayer la neige sur la voie, et d'ailleurs les touristes sont peu nombreux en hiver.

Le succès obtenu dans cette première tentative décida l'opinion en faveur des lignes à crémaillère, et on construisit depuis un grand nombre d'autres voies sur le même type. M. Riggenbach établit même à Aarau un atelier spécial pour la fabrication du matériel nécessaire, et on peut dire qu'il y a réellement attaché son nom, en quelque sorte, par les perfectionnements continuels qu'il y a apportés. Les voies à crémaillères dont il entreprit la construction comprennent un grand nombre de lignes industrielles, et quelques lignes analogues à celles de Witznau-Righi qui sont visitées par les touristes. Telles sont, par exemple, la

ligne d'Arth au Righi qui part du lac de Zug et gravit la montagne avec une pente de 21 0/0, le chemin de Kahlenberg, près de Vienne, celui de Schwabenberg, près de Bude, dont la pente est de 10 0/0, le chemin industriel d'Ostermündingen, relié à la ligne de Berne à Thun, les lignes de Wasseralfingen, de Rüti, d'Oberlahustein, celle de Rorschach à Heiden, rattachée aux chemins de fer suisses à la gare de Rorschach, et enfin le chemin funiculaire du Giessbach, près du lac de Brienz, sur lequel nous reviendrons plus loin en parlant des plans inclinés. Toutes ces lignes ont donné des résultats généralement satisfaisants dans des conditions toutes spéciales, il est vrai. Elles ne sont guère susceptibles de se prêter, en effet, à un trafic un peu sérieux, et elles ne peuvent pas non plus être rattachées aux grandes voies puisqu'elles excluent les courbes, et n'admettent que des tronçons entièrement rectilignes, et enfin les locomotives à crémaillère ne peuvent pas passer aussi facilement sur la voie en palier que les machines du système Fell, par exemple. Cependant M. Riggenbach a réussi dernièrement à créer pour la ligne d'Ostermundingen et pour celle de Rorschach à Heiden qui présentent des parties en rampe et d'autres en palier, un type de locomotive spécialement approprié aux deux modes de traction, et il étudie actuellement pour la traversée des montagnes de la Forêt-Noire une nouvelle application de la voie en crémaillère rattachée complètement aux grands réseaux, car cette ligne irait de Fribourg à Neustadt pour mettre en communication le bassin du Rhin avec celui du Danube.

Les locomotives pour voie mixte créées par M. Riggenbach sont toujours disposées sur le même type que celle du Righi, c'est-à-dire que la roue toueuse est calée sur un faux-essieu rattaché à l'arbre moteur par l'intermédiaire d'engrenages ; mais dans ce cas l'arbre moteur peut aussi commander les roues d'arrière par un accouplement ordinaire, et les rendre motrices au besoin. On a recours à cet embrayage dans tous les points où la crémaillière est supprimée, et la locomotive avance alors sur la voie lisse comme une machine à simple adhérence, tandis que la roue toueuse tourne simplement à vide. On a tenu à conserver l'indépendance des deux mouvements et on n'a pas essayé de les faire fonctionner simultanément en profitant sur les rampes de l'adhérence due au poids de la machine, car il eût fallu maintenir un rapport constant et difficile à réaliser entre les diamètres de la roue toueuse et de la roue lisse. D'autre part, il convenait pour utiliser complètement l'effort de la machine, de donner un excès de vitesse en palier là où l'effort de traction était plus faible, tandis qu'en rampe la vitesse était forcément réduite, ce qui obligeait à augmenter le diamètre de la roue motrice par adhérence.

L'entrée en crémaillère sur les voies mixtes, au sortir des parties en palier, présentait de nombreuses difficultés, car il fallait arrêter la machine et venir placer à la main l'extrémité mobile de la crémaillère pour qu'elle engrenât sous la roue dentée. Grâce aux dernières dispositions actuellement adoptées, ce passage s'effectue automatiquement sans choc et sans même qu'il soit nécessaire d'arrêter la machine.

La partie fixe est prolongée par une pièce mobile présentant la forme d'une mâchoire car elle porte les dents sans flasques latérales. Celle-ci est articulée sur l'échelle fixe, et elle repose sur la voie par deux ressorts, l'un à lame, l'autre à spirale qui est muni également de deux guides latéraux pour prévenir les déviations de la crémaillère mobile. Grâce à ces deux ressorts, elle cède doucement sous l'impulsion de la roue dentée dès qu'elle se présente, et la roue arrive à engrener régulièrement avant d'atteindre la crémaillère fixe.

Cette disposition paraît donner d'excellents résultats, et la ligne de Rorschach à Herden où elle est appliquée, est exploitée d'ailleurs d'une façon régulière pendant tout le cours de l'année, et non pas seulement en été comme au Righi.

Crémaillère à dents inclinées. Nous dirons quelques mots seulement de la disposition de la crémaillère imaginée par M. Wetli dans le but de réduire les frottements inséparables des engrenages ordinaires à dents rectilignes. Cet ingénieur avait songé à appliquer, à cet effet, l'engrenage hélicoïdal de White, dans lequel, comme on sait, les réactions opposées des deux dents inclinées en sens contraire détruisent une des composantes de la force de frottement. M. Wetli s'était trouvé ainsi amené à donner aux dents de la crémaillère la forme de chevrons inclinés en V sur l'axe de la voie, et à remplacer la roue toueuse par un véritable tambour à dents hélicoïdales. Cette disposition plus coûteuse déjà entraînait en même temps de nombreux inconvénients pratiques, car la crémaillère était beaucoup moins robuste et n'était plus composée de pièces métalliques solidement rivées comme au Righi ; d'ailleurs, le système Wetli n'a jamais reçu jusqu'à présent qu'une seule application, celle de la ligne de Wædensveil à Einsiedeln, et encore il fut abandonné au bout d'une exploitation d'un mois à peine, à la suite de l'accident du 30 novembre 1876. Plusieurs dents de la crémaillère se rompirent, en effet, au moment du passage d'un train d'essai qui descendait la rampe, celui-ci fut emporté avec une vitesse vertigineuse que les freins furent impuissants à modérer, et la machine vint se briser au bas de la côte avec son vagon. Cet accident, qui paraît plutôt imputable à des défauts de construction particulièrement difficiles à éviter peut-être avec ce type de voie, jeta dès lors une certaine défaveur sur le système Wetli qui paraît définitivement abandonné maintenant.

Chemins de fer funiculaires. Dans ce type de lignes, la locomotive est supprimée tout à fait et remplacée par une machine fixe dont l'effort moteur est transmis au train mobile par l'intermédiaire d'un câble de traction.

C'était la seule solution qui parût applicable en pratique à l'origine des voies ferrées, avant Stephenson, et on se rappelle les difficultés que ren-

contra, en 1830, ce grand ingénieur pour décider les directeurs de la ligne en construction de Manchester à Liverpool à remplacer, dans leur projet, par une locomotive à simple adhérence les machines fixes à câble qu'ils voulaient adopter. On était alors dominé, en effet, par cette idée que l'adhérence était insuffisante sur des rails métalliques, et les inventeurs qui construisaient des machines mobiles à vapeur les destinaient tous à la traction sur route, la machine fixe à treuil étant réservée pour les voies ferrées. Nous n'avons pas besoin de rappeler le succès décisif obtenu par Stephenson dans le mémorable concours de Rainhill, où il montra que la locomotive était au contraire un moteur admirablement approprié pour la traction sur les voies ferrées; toutefois si on n'hésita plus à y avoir recours sur les lignes en palier, on crut toujours devoir conserver néanmoins les machines à treuil dès que les rampes devenaient un peu fortes. Aujourd'hui, au contraire, on a créé des types de locomotives puissantes qu'on n'hésite plus à lancer sur des rampes de 0,030 par mètre qui auraient été réputées autrefois tout à fait inaccessibles. Il est vrai que l'effet utile obtenu dans de pareilles conditions est bien réduit; mais on évite d'autre part les difficultés si graves d'exploitation qu'entraînent les lignes funiculaires. Les machines fixes installées à l'origine sur les parties en rampe des grandes lignes ont donc été supprimées peu à peu, et on ne les rencontre plus aujourd'hui que sur les plans inclinés des chemins industriels et sur certaines lignes isolées exploitées dans des conditions tout à fait spéciales. Nous ne parlerons pas ici des lignes industrielles qui sont étudiées au mot PLAN INCLINÉ et nous donnerons seulement quelques détails sur les chemins de fer funiculaires proprement dits.

Les machines à câble moteur ont été conservées, comme nous l'avons dit, sur les lignes isolées ne comportant donc aucun transbordement et dont la pente était trop considérable pour admettre l'emploi de la locomotive. Il faut observer cependant que la longueur de rampe ainsi desservie est généralement très limitée, car les résistances passives augmentent avec la longueur dans une proportion énorme, et en outre, ces lignes doivent être maintenues bien rectilignes à cause de la difficulté de dévier le câble moteur. Par contre elles présentent l'avantage d'être rendues facilement automotrices, car elles peuvent utiliser avec un câble à deux bouts le travail développé à la descente pour remorquer les trains montants. C'est là d'ailleurs une disposition qui se rencontre fréquemment sur les plans inclinés industriels, et ceux-ci n'exigent même pour la plupart aucune machine motrice, car les trains chargés ont presque toujours une rampe à descendre en sortant des lieux d'extraction des matières utiles, et ils peuvent ainsi remonter automatiquement les trains de vagons vides. Sur les lignes de voyageurs on a recours également à cette disposition pour soulager le treuil moteur, à moins que l'importance du trafic n'oblige à rendre les deux mouvements montant et descendant absolument indépendants.

Parmi les plans inclinés les plus longs, nous citerons, par exemple, ceux de Santos à Santo-Paolo (Brésil) qui franchissent au nombre de quatre l'escarpement de la Sierra-do-Mar avec des longueurs respectives de 1,948, 1,080, 2,697 et 2,140 mètres et une inclinaison de 1/9 ou d'un angle de 5°,43' La pente maxima franchissable par voitures ordinaires est de 7°,30'.

On rencontre d'ailleurs des inclinaisons beaucoup plus considérables : le chemin de Lyon à La Croix-Rousse a 10°, 22' de pente, celui de Righi a 14° et celui de Giessbach a 15°, 39. La pente maxima qu'on ait donnée à un plan incliné est celle du chemin du Vésuve qui présente 32°, 13'.

Les plans de Santos, au nombre de quatre, sont desservis chacun par deux machines fixes horizontales de 150 chevaux. Ils sont exploités au moyen d'un câble à deux bouts dont l'un est attaché au train montant et l'autre au train descendant. En arrivant à l'extrémité du plan ce câble passe sur deux poulies de renvoi d'où il est dirigé sur le tambour d'enroulement actionné directement par la machine motrice, d'ailleurs il n'est pas fixé sur le tambour, mais il est entraîné seulement par simple adhérence, ce qui fournit une garantie précieuse au point de vue des accidents. Toutefois c'est là un mode d'enroulement qui fatigue beaucoup le câble et détermine une usure rapide ; celui-ci se trouve mis hors de service au bout de peu de temps bien que la tension moyenne de 4t,5 qu'il supporte n'atteigne guère que le 1/10 de sa charge de rupture.

Les plans de Santos sont à voie unique sur la moitié de leur parcours et renferment dans l'autre moitié deux voies différentes avec le rail intérieur commun. Cette disposition imitée des plans anglais permet d'éviter un aiguillage pour assurer le croisement des trains montant et descendant.

Les trains comprennent habituellement trois voitures de voyageurs avec un vagon-frein. Ce dernier est muni d'un frein de sûreté analogue à celui de La Croix-Rousse dont nous parlerons plus loin, mais qui n'est pas automatique. Ce frein se compose de deux tenailles à longues branches qui viennent pincer les rails et s'amarrent solidement sur la voie lorsqu'elles sont serrées par le conducteur. Il serait à craindre du reste que ce frein ne fût insuffisant pour prévenir la chute du train dans le cas d'une rupture subite du câble, accident qui s'est produit, en effet, en 1871.

Le plan incliné installé à Liège, à l'arrivée de la gare des Guillemins, était exploité à l'aide d'un câble sans fin, et avec les deux mouvements indépendants, condition qui était imposée par l'importance du trafic. Dans ces conditions, la descente s'opère uniquement à l'aide des freins et sans même avoir recours au câble, car les enroulements continuels auxquels il se trouverait alors soumis amèneraient une désagrégation rapide qu'il importe d'éviter. Dans le plan de Liège, la hauteur rachetée était de 110 mètres avec une pente moyenne variant de 0,0277 à 0,031. Cette hauteur avait été partagée en deux parties de manière à former en quelque sorte deux

plans distincts dont les machines étaient concentrées en un point unique au milieu de la longueur totale du plan primitif. Celles-ci se trouvaient ainsi en état de se remplacer mutuellement toutes les fois qu'il était nécessaire, comme dans les cas d'avaries.

Parmi les plans automoteurs installés sur des lignes isolées nous citerons, par exemple, les deux plans de Lyon, de La Croix-Rousse et de Fourvières, celui d'Ofen (Hongrie), celui du Vésuve et la ligne à crémaillère du Giesbach.

Le plan de La Croix-Rousse, à Lyon, va, comme on sait, du quartier des Terreaux à celui de La Croix-Rousse. Il gravit une hauteur totale de 70 mètres répartie sur une longueur de 489m,20 avec une pente moyenne de 0m16. Il est à deux voies servant alternativement à la montée et à la descente. Le câble moteur est à deux bouts rattachés, l'un au train montant, l'autre au train descendant, il s'enroule au sommet du plan sur un tambour actionné directement par la machine fixe et qui tourne alternativement dans un sens et dans l'autre. La force de la machine est de 150 chevaux environ, et l'effort maximum qu'elle peut avoir à développer en supposant le train montant complètement chargé (300 voyageurs au maximum) est de 4,500 kilogrammes. La vitesse de marche est de 2 mètres par seconde. Le tambour moteur

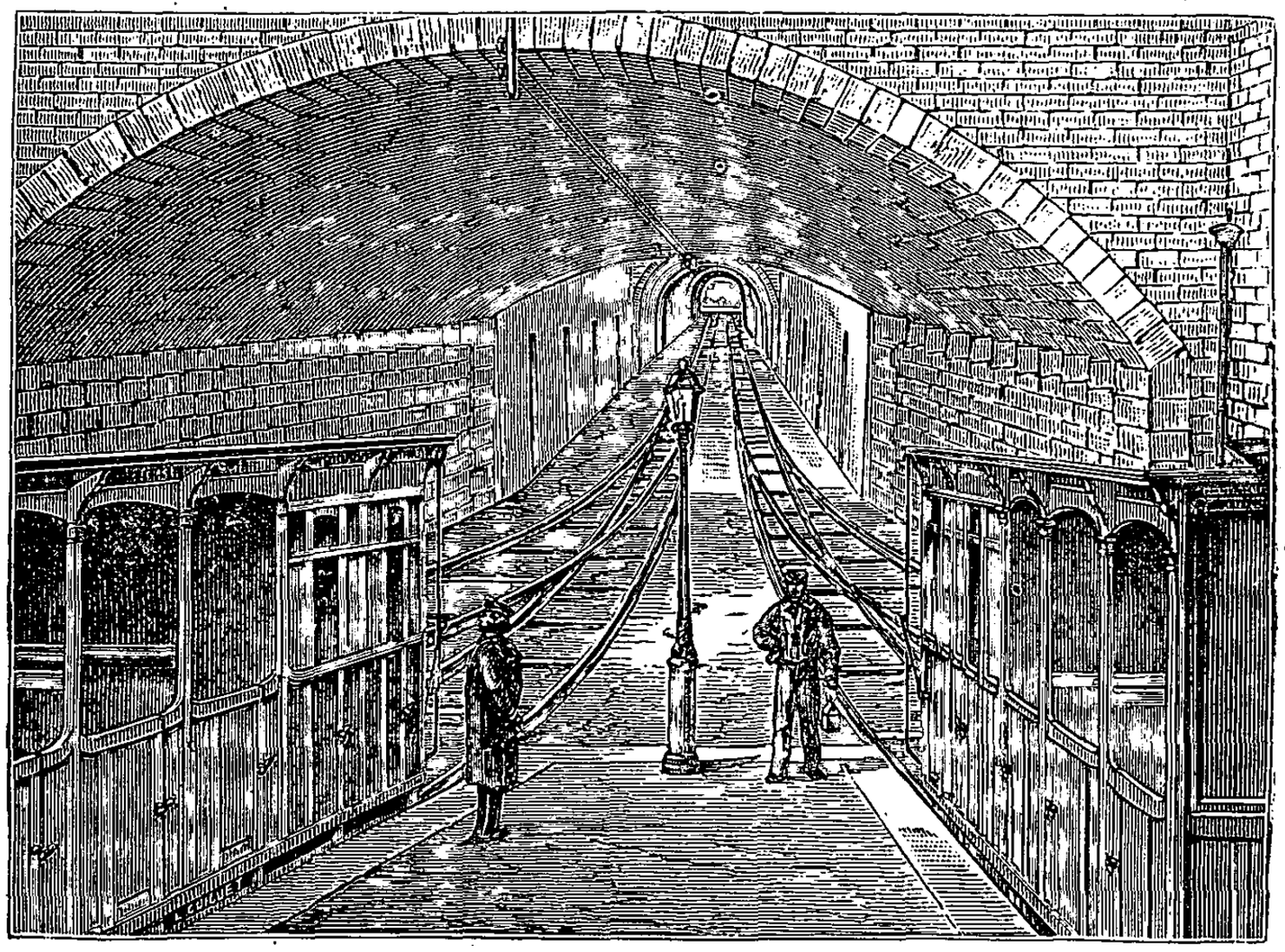


Fig. 155. — *Vue du chemin de fer funiculaire de La Croix-Rousse à Lyon.*

sur lequel s'enroule le câble a 4m,50 de diamètre; celui-ci est guidé en arrivant sur le tambour par de petits chariots spéciaux qui répartissent les hélices de manière à les empêcher de chevaucher les unes sur les autres.

Le matériel comprend des voitures de différents types à deux étages pesant en moyenne 8,000 kilogrammes environ, les voitures mixtes de semaine renferment 92 voyageurs, dont 12 de première et 80 de seconde classe; celles du dimanche renferment 84 places, dont 24 de première et 60 de seconde; les voitures de deuxième classe renferment 100 places chacune. Chaque train est composé habituellement de 3 voitures (fig. 155).

L'intérêt principal de l'installation du plan de La Croix-Rousse réside dans la disposition du type de frein automoteur adopté pour prévenir les conséquences terribles qu'entraînerait la rupture du câble moteur sur une pente aussi rapide. C'est là, d'ailleurs, le principal rôle de ces freins; car, ils ont rarement à intervenir dans l'exploitation journalière comme freins à main.

Des freins à sabot commandés par des contrepoids qui restent soulevés tant que la barre de traction est tendue, entreraient immédiatement en jeu dès que celle-ci viendrait à fléchir et fourniraient déjà un premier frein automatique, mais on a pensé, avec raison, que cette action serait insuffisante, même avec le calage, pour arrêter le mouvement; on les a donc complétés par des freins à mâchoire qui viennent chercher un point d'appui sur la voie elle-même en saisissant le rail avec une pression énergique rapidement croissante. Les deux mâchoires qui doivent saisir le champignon du rail sont commandées, en effet, par une vis à deux filets inverses qui tend à les rapprocher par son mouvement de rotation. Sur l'arbre des vis des deux paires de mâchoires, sont calées deux poulies à gorge qui se mettent à tourner lorsqu'elles arrivent au contact des rails,

et elles déterminent ainsi le serrage des mâchoires par l'intermédiaire des écrous. L'arbre commun des vis et des poulies est mobile autour d'un point fixé au châssis et il reste, en marche normale, suspendu en l'air par une came qui se déclenche seulement au moment où la tige de traction vient à se détendre, les poulies tombent alors au contact des rails et mettent en jeu les mâchoires, ainsi que nous le disions plus haut.

Le seul inconvénient de cette disposition tient aux serrages intempestifs qui se produisent quelquefois lorsque le câble vient à se relâcher en marche si la machine ne fonctionne pas bien régulièrement; mais c'est là un accident qui tient surtout au défaut d'attention du mécanicien et qu'il est facile d'éviter. Ce frein de détresse est essayé fréquemment en service et toujours avec succès; d'ailleurs, il ne s'est jamais produit de rupture du câble, et il n'a pas encore eu à fonctionner dans un cas d'accident réel.

Plan incliné de Fourvière. Ce plan part des bords de la Saône et il monte jusqu'à Saint-Just, avec une station à Fourvière au milieu du parcours. Il est établi, d'ailleurs, et exploité dans les mêmes conditions que celui de La Croix-Rousse, et nous n'aurions pas à en parler ici si l'installation de la voie ne présentait certaines particularités curieuses tenant aux circonstances locales.

La partie inférieure du plan, allant de Lyon à Fourvière, présente, en effet, une rampe de 0,183 beaucoup supérieure à celle de la partie supérieure allant de Fourvière à Saint-Just qui est de 0,081 seulement. La longueur de chacune des deux parties qui d'ailleurs, est exactement la même, atteint 415 mètres.

Le câble de traction des trains proprement dits qui est unique et règne sur toute la longueur du plan, a ses deux bouts moteurs comme à La Croix-Rousse, de manière à utiliser l'effort des trains descendants, seulement la différence d'inclinaison si considérable des deux rampes a obligé à recourir à des dispositions spéciales pour régulariser l'effort moteur. On a disposé deux chariots trucks formant contrepoids qui circulent alternativement sur la rampe la plus forte, soit en montant, soit en descendant, pendant que les trains effectuent un voyage complet. Ces trucks fournissent ainsi, suivant le cas, le surcroît d'effort nécessaire pour soulever le train montant quand il doit franchir la rampe la plus forte, ou bien ils donnent la résistance pour ralentir le train descendant quand il y arrive.

Lorsque le train V descend la rampe de 0,05 de Saint-Just à Fourvière, il entraîne le câble de traction C, mais il est en même temps relié par un câble auxiliaire C' au truck T qui descend alors de Fourvières à Lyon et contribue ainsi à soulever sur cette rampe le train montant V' qui part de Lyon. Les deux trains se croisent à Fourvières puisque les parcours sont égaux, et alors un déclenchement automatique sépare le train V du câble C', et c'est le train V, qui emmène alors de Lyon à Fourvières par l'intermédiaire de ce câble le truck T', celui-ci en montant fournit la résistance nécessaire pour ralentir le train V. Lorsque ce dernier est arrivé à Lyon au bas de la rampe, le train V' est en haut, le truck T' à Fourvières, T à Lyon, et les choses se retrouvent ainsi préparées comme tout à l'heure, chaque train et chaque truck ayant pris la position de l'autre.

Le chemin de fer du Vésuve. On rencontre actuellement un grand nombre de chemins de fer funiculaires établis sur le type de celui de La Croix-Rousse. Souvent ils sont installés à l'intérieur de grandes villes et forment, en quelque sorte, de véritables chemins de fer métropolitains reliant la partie basse de la ville aux quartiers élevés; ailleurs, ils sont posés en certains points intéressants à visiter sur le flanc des collines ou des montagnes fréquentées des touristes. Nous pourrions citer, par exemple, les plans inclinés établis à l'intérieur des villes d'Ofen en Hongrie, et de Pittsburgh aux États-Unis, les chemins de fer funiculaires récemment construits sur le Vésuve, ou celui de Giessbach. Comme il nous serait impossible de les étudier tous ici, nous nous bornerons à donner quelques détails sur ces deux dernières lignes qui sont particulièrement intéressantes à des points de vue différents.

Le chemin de fer du Vésuve est établi avec une pente de 32°,13', la plus forte qu'on ait jamais donnée à de pareilles voies; en outre, l'installation en a présenté des difficultés toutes spéciales en raison de la nature du sol mouvant de la montagne formé souvent de poussières et de scories volcaniques sans aucune consistance. On dut s'attacher par suite à constituer une voie robuste dont toutes les parties faisaient bien corps entre elles, et on l'amarra en quelque sorte sur le terrain solide, sur la lave partout où on put la rencontrer.

La voie est constituée par une grosse longrine longitudinale, en chêne, supportant un rail unique suivant la disposition connue de M. Larmanjat. La ligne est à double voie, les deux longrines correspondantes à la voie d'aller et à la voie de retour sont disposées parallèlement à une distance de deux mètres environ et fortement entretoisées de mètre en mètre par de grosses traverses de cinq mètres de longueur.

La longrine est relevée au-dessus de la voie et les vagons en marche reposent sur le rail unique par deux roues placées dans l'axe de la voiture, ils sont en outre maintenus de chaque côté pour prévenir la déviation par deux galets inclinés qui roulent au contact de deux guides latéraux fixés sur la longrine.

La voie conserve une pente qui varie de 43 à 60 millimètres, et le développement total est de 800 mètres environ. Le chemin de fer est installé en ligne droite sur le versant occidental de la montagne, et il arrive à la cote de 1,180 mètres, presque à la naissance du cône supérieur, soit 70 mètres plus bas que le sommet du volcan. Il est constamment à double voie, et la traction est opérée directement par deux câbles sans fin attachés aux extrémités des traverses des vagons. Les machines motrices qui donnent une force totale de 45 chevaux environ, sont installées au bas du

plan, elles actionnent deux tambours indépendants sur lesquels sont enroulés les câbles. Ceux-ci s'élèvent ensuite jusqu'au sommet et se replient là sur deux poulies fixées à un mur solidement construit dans la lave, puis ils retournent aux tambours inférieurs en descendant le plan. Les deux brins montants parallèles sont attachés sur l'un des vagons, et les deux brins descendants sur l'autre, les mouvements des deux trains sont ainsi rendus solidaires comme à La Croix-Rousse. Cette disposition de machine oblige, comme on le voit, à installer des poulies de renvoi au sommet et à doubler la longueur des câbles moteurs qui deviennent alors des câbles sans fin; bien que les poids morts soient mieux équilibrés, elle présente l'inconvénient d'entraîner de nombreuses complications, et elle ne se justifie que lorsqu'elle est imposée par les circonstances: le sol ne présentait pas, en effet, assez de stabilité pour installer des machines au sommet du plan du Vésuve. Chacun des câbles de traction est en acier muni d'une âme en chanvre, il peut supporter sans rupture une charge de 25,000 kilogrammes, cinq fois supérieure à l'effort en service, ce qui représente pour les deux câbles réunis une force totale dix fois suffisante.

Les vagons comprennent deux compartiments à plancher horizontal contenant chacun quatre à six personnes; il en résulte entre les seuils des deux portières une différence de niveau de $0^m,90$. Ces vagons conservent toujours la même position relative sur la rampe, et ils ne quittent jamais la voie qu'ils occupent, celle-ci servant alternativement à la montée et à la descente.

Les freins sont formés de deux mâchoires dont les griffes en acier peuvent venir pénétrer dans le bois de la longrine et amarrer solidement le vagon. Celles-ci sont commandées par la manivelle d'une vis manœuvrée par le conducteur sur son siège. C'est, comme on le voit, une disposition analogue à celle des parachutes de mines, seulement il paraît regrettable qu'on ne l'ait pas rendue automatique, comme on ne néglige jamais de le faire pour des plans inclinés dont la pente est loin d'égaler celle du chemin du Vésuve.

Le chemin de fer funiculaire à crémaillère du Giessbach. Ce petit chemin de fer installé, en 1879, par M. Riggenbach, sur le flanc de la montagne du Giessbach, non loin des célèbres cascades de ce nom, est un des plus curieux qu'on puisse citer, car il est à crémaillère en même temps que funiculaire; et, en outre, la traction s'y opère sans exiger aucune machine, car le moteur est fourni

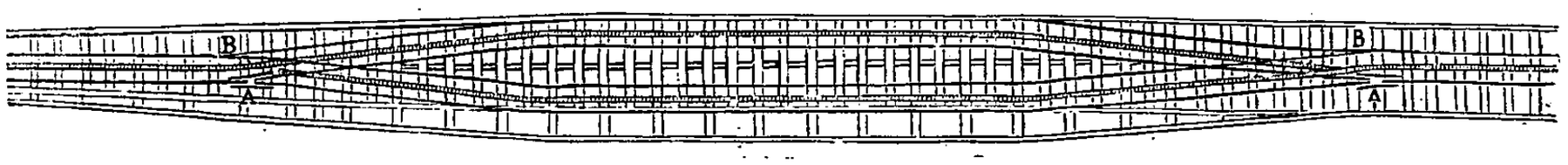


Fig. 156. — *Chemin du Giessbach. Disposition de voie assurant le croisement automatique du train.*

par de l'eau empruntée au Giessbach qui est emportée avec le train descendant et assure ainsi à celui-ci le surcroit d'effort nécessaire pour soulever le train montant.

La ligne du Giessbach part du débarcadère des bateaux sur le lac de Brienz et elle s'élève jusqu'à l'hôtel voisin des cascades à un niveau de 93 mètres au-dessus de son point de départ, elle présente une longueur totale de 860 mètres avec une pente moyenne de 28 centimètres par mètre. La voie qui comprend deux rails porteurs, écartés de 1 mètre, avec une crémaillère centrale, est unique sur presque tout son parcours, elle présente seulement un croisement vers le milieu afin de permettre la rencontre des deux trains. Les rails reposent sur des traverses en bois de $1^m,60$ de longueur, écartées d'un mètre d'axe en axe et entretoisées à leurs deux extrémités par des fers en U destinés à maintenir l'écartement des traverses. La crémaillère dont la disposition rappelle celle du Righi est formée également de de deux flasques latérales en fer entre lesquelles sont rivées les dents proprement dites. Celles-ci présentent une forme trapézoïdale et ont 12 centimètres carrés de section. Le poids moyen de la crémaillère est de 29^k5 par mètre courant. Le croisement dont nous avons parlé plus haut est disposé d'une manière des plus ingénieuses et tout à fait caractéristique, car la rencontre des trains s'opère automatiquement et sans aucun aiguillage.

Les roues de l'unique vagon qui forme l'un des trains ont toutes, en effet, les boudins de leurs bandages reportés vers l'extérieur, tandis que celles du vagon formant l'autre train ont leurs boudins intérieurs comme les roues des véhicules ordinaires. D'autre part, on remarquera en étudiant le plan du croisement (fig. 156) que le rail de gauche, en B, se bifurque sans solution de continuité aux deux extrémités du croisement, tandis que le rail de droite se termine toujours en pointe, en A, en laissant entre lui et les deux branches un vide suffisant pour livrer le passage aux boudins des voitures allant dans les deux sens. Dans ces conditions la voiture à boudins intérieurs qui arrive en montant, par exemple, venant du tronc commun, se range à droite, obéissant à l'action directrice de la branche intérieure du rail de gauche, tandis que la voiture à boudins extérieurs qui est guidée par la branche bifurquée en dehors se range toujours à gauche en montant. Il en est de même à la descente, et chaque voiture passe toujours sur la même branche de croisement, quel que soit le sens de sa marche.

La crémaillère elle-même se partage en deux branches en arrivant au croisement, elle est seulement ramenée au niveau de ceux-ci à l'intersection avec les rails, et les flasques en fer sont alors remplacées par une mâchoire en acier fondu sur laquelle est pratiquée une légère rainure pour livrer passage aux boudins. Le câble de traction lui-même est dévié alors par des galets inclinés

et il traverse les rails par une rainure en biais suffisamment enfoncée.

Ce câble est à deux bouts moteurs, il est enroulé sur un simple tambour fixé à la partie supérieure du plan. Celui-ci tourne alternativement dans un sens ou dans l'autre à chaque voyage, chacun des bouts du câble devenant moteur à son tour.

Le câble est en acier, à cinq torons avec une âme en chanvre, d'un poids total de 700 kilogrammes. Il peut résister à une charge de cinq tonnes, dix fois supérieure à l'effort qu'il doit fournir en service (la charge de rupture étant de 107 kilogrammes par millimètre carré).

En se déroulant sur la voie, le câble est supporté par des galets en fonte, à gorge, dont le fond à 240 millimètres de diamètre.

Le matériel roulant du chemin du Giessbach comprend deux voitures à voyageurs et un vagon à marchandises qui est destiné seulement à remonter à bras d'homme les lourdes charges sans qu'on ait recours au câble.

Chacune des voitures de voyageurs comprend cinq compartiments renfermant chacun huit places et un sixième pour les bagages. Les bancs des voyageurs sont disposés en escalier et forment des rangées parallèles qui se font face deux à deux. Au-dessous des sièges, est disposé dans le

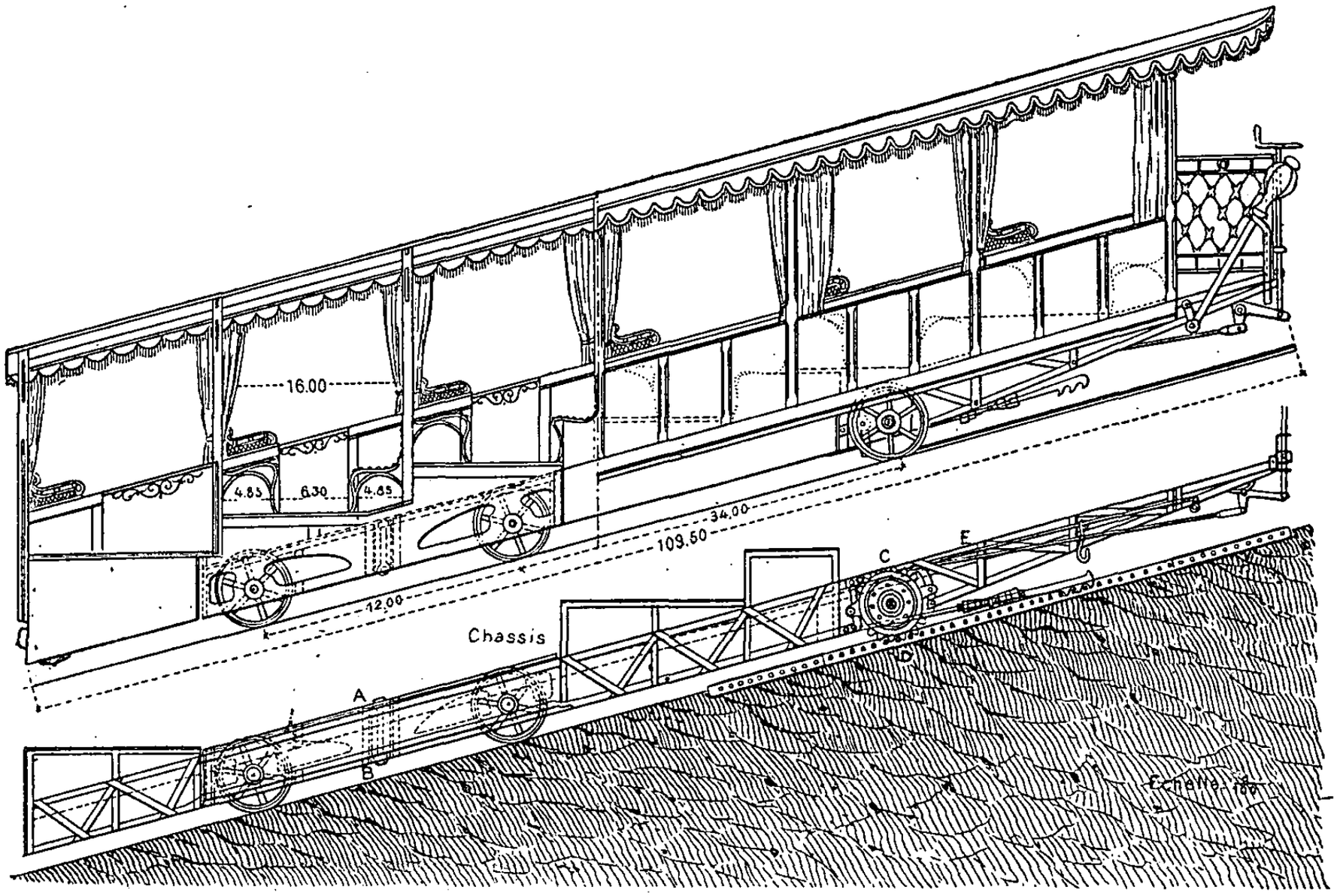


Fig. 157. — *Chemin de fer de Giessbach. Vue extérieure et coupe du vagon et de son châssis.*

plancher un réservoir en tôle d'une contenance de 6,500 litres, incliné parallèlement à la voie et qui doit renfermer l'eau dont on se sert comme force motrice. En avant du vagon est la plate-forme du mécanicien d'où il peut ouvrir au besoin le réservoir de la voiture et agir sur les freins (fig. 157).

Le vagon repose sur six roues, les deux d'avant sont calées sur le pignon portant la roue dentée, et soumises à l'action des freins. Les roues d'arrière sont à essieux libres et forment un truck ayant $2^m,20$ de base.

Outre les freins à sabot du type ordinaire agissant sur les roues d'avant, la voiture porte un frein automatique formé par un crochet à contre-poids qui reste soulevé tant que la corde de traction est tendue, et qui s'abaisserait de lui-même en s'amarrant sur les dents de la crémaillère si le câble venait à se rompre.

L'eau employée pour fournir l'effort de traction est empruntée, comme nous l'avons dit, aux cascades du Giessbach, et renfermée dans un grand réservoir, situé sur la voie, au sommet du plan, entre le tambour du câble et le quai d'arrivée. Elle est dirigée de là dans la caisse du vagon prêt à partir par un tube de 20 centimètres de diamètre. Une disposition convenable de la soupape permet au mécanicien d'introduire l'eau dans le réservoir et d'arrêter le courant sans quitter sa plate-forme. Cette opération exige deux minutes seulement. Quand le vagon arrive au bas de la rampe, le réservoir se vide automatiquement dans le lac.

Le poids du train montant varie de 6,000 kilogrammes au minimum en supposant la voiture vide, à 9,500 kilogrammes en admettant 40 voyageurs.

Le poids du train descendant est toujours

déterminé de manière à présenter un excès de 1,300 kilogrammes nécessaire pour assurer l'entraînement. Cet excès qu'il convient de ne pas dépasser est obtenu en réglant convenablement la quantité d'eau introduite dans le réservoir, d'après le nombre des voyageurs à monter et celui des voyageurs à descendre.

Le bateau du lac débarque souvent 200 personnes à la fois, et il faut plusieurs trains successifs pour emmener les voyageurs. La durée du voyage est de six minutes, et comme le temps nécessaire pour monter et descendre de voiture est de quatre minutes environ, les trains se succèdent de dix en dix minutes.

La vitesse de marche est d'un mètre à la seconde; elle peut paraître faible, mais s'il fallait gravir la hauteur totale de 95 mètres sur une voie ordinaire ayant une rampe de 0,006 par exemple, le développement atteindrait 15 kilomètres environ, et le temps total exigé serait alors beaucoup plus considérable.

La locomotive à treuil Handyside. En terminant, nous croyons devoir signaler au moins certains cas où on a essayé d'employer des locomotives à treuils fonctionnant comme des machines fixes. Ce système, connu sous le nom de son auteur. M. Handyside, réalise ainsi des économies d'installations importantes et il est appliqué actuellement en Angleterre sur certaines lignes industrielles, notamment sur la rampe de Hopton qui présente une longueur de 500 mètres environ. Grâce à la disposition de M. Handyside, on réussit à obtenir avec une locomotive ordinaire, établie pour la marche en palier, un effort suffisant pour assurer la traversée d'une rampe qu'elle ne pourrait pas gravir autrement. En arrivant au bas de la montée, la locomotive quitte son train, puis elle gravit seule la montée en déroulant un câble dont le bout reste attaché au train immobile, lorsqu'elle est arrivée à l'extrémité, elle s'amarre solidement sur la voie au moyen de freins à mâchoires pressés directement par la vapeur qui saisissent les rails sur leurs surfaces latérales, puis l'effort de la machine est occupé à actionner le treuil qui enroule le câble en remorquant le train. Lorsque les vagons sont arrivés, la locomotive repart en déroulant de nouveau son câble, et elle répète la manœuvre précédente jusqu'à ce qu'elle soit arrivée au sommet de la rampe; elle repart alors sur la voie en palier en entraînant son train par simple adhérence sans intervention du treuil ni du câble. La locomotive Handyside prend ainsi sur la voie le point d'appui que l'adhérence ne lui donne pas, et le seul inconvénient de cette disposition si économique d'ailleurs est d'exiger une voie plus solide et robuste.

A côté du système Handyside, on peut citer certains cas où on attelle une locomotive à un câble pour lui faire remorquer un train montant sur une rampe pendant que cette machine descend la pente correspondante. Dans les premiers essais de voies ferrées sur la ligne de Saint-Étienne à Andrézieux, lorsque la locomotive n'avait pas encore atteint le degré de puissance qu'elle possède aujourd'hui, la machine employée n'était pas en état d'entraîner son train en restant en tête sur la rampe de Neulize dont l'inclinaison est de 0,05. On avait songé alors à ajouter à son effort moteur celui de la gravité elle-même, en lui faisant descendre la rampe pendant que le train la montait et elle remorquait alors celui-ci à l'aide d'une poulie de renvoi placée au sommet. Cette disposition fut bientôt supprimée lorsqu'on eût des machines plus puissantes; toutefois on a rencontré longtemps encore un exemple analogue sur la ligne de Dusseldorf à Elberfeld, sur une pente de 0,033 ayant une longueur de 3,450 mètres. Les trains qui se croisent sur cette rampe étaient reliés par un câble de manière à ce que que son train descendant aidât à soulever le train montant. Lorsqu'il n'y avait pas de train descendant, c'est la machine de réserve elle-même qui s'attachait au brin descendant du câble.

Locomotives système Cottrau. Nous compléterons cet exposé rapide des principaux systèmes proposés jusqu'à présent pour faciliter la traversée des rampes par les voies ferrées en disant quelques mots de la locomotive et de la voie mixte de M. Cottrau.

Cet ingénieur s'est proposé de construire un type de machine qui put remorquer son train à la fois en rampe et en palier dans des conditions également favorables. On sait en effet qu'en palier il convient d'adopter des roues motrices de grand diamètre pour obtenir une vitesse plus considérable, tandis qu'au contraire sur les rampes, la locomotive doit fournir un effet de traction aussi élevé que possible, et elle doit alors marcher à faible vitesse, ce qui oblige à réduire le diamètre des roues motrices. On se trouve amené par suite à adopter des types différents de machines, suivant la nature du profil, et il en résulte pour l'exploitation une gêne très grave qui devient surtout très frappante dans le cas où la ligne ne renferme qu'une rampe très courte par exemple, mais suffisante cependant pour en interdire l'accès aux machines qui ne peuvent pas développer un effort de traction suffisant pour la franchir.

M. Cottrau a essayé de trancher cette difficulté en créant un type de locomotive qui aurait en palier des roues motrices de grand diamètre, tandis qu'elle aurait de petites roues sur les rampes. A cet effet il munit chaque essieu moteur de quatre roues, deux grandes et deux petites, les grandes étant maintenues à l'écartement de la voie normale, et les petites roues étant placées à l'intérieur et à l'extérieur de celles-ci. Tout le reste du mécanisme est conservé d'ailleurs sans modification, et les essieux moteurs sont accouplés par des bielles comme dans les conditions ordinaires.

On comprend dès lors comment fonctionne cette machine : tant qu'elle est en palier, elle marche à grande vitesse en reposant sur ses grandes roues appuyées sur la voie normale, et ses petites roues tournent alors à vide; quand elle arrive en rampe, au contraire, elle trouve une voie auxiliaire dont les rails sont rehaussées au niveau des bandages des petites roues, la machine s'avance alors en reposant sur celles-ci et développe ainsi l'effort de traction plus élevé qui est nécessaire sur les

rampes. Il n'en résulte d'ailleurs aucun trouble dans le fonctionnement de la locomotive, car le nombre de coups de piston reste à peu près le même par minute dans les deux cas et la vaporisation de la chaudière peut conserver la même activité pendant la marche lente, comme pendant la marche rapide ; les dernières expériences faites sur les machines à marchandises ont montré d'ailleurs qu'elles pouvaient fournir une vaporisation égale à celle des machines à voyageurs, et la Compagnie de Lyon, par exemple, exige les mêmes chiffres dans les deux cas.

La difficulté principale que soulèvera le système Cottrau tiendra plutôt à l'installation de la voie auxiliaire surhaussée qu'il faudra maintenir robuste et rigide tout en conservant parallèlement la voie normale, ce qui empêchera de la soutenir aussi complètement puisque le ballast ne pourra être posé que d'un côté des rails auxiliaires.

Enfin l'entrée sur la voie auxiliaire ne sera pas toujours sans danger, car il arrivera un moment où la locomotive avancera en tournant à la fois sur des roues motrices des deux types : les petites roues d'avant étant déjà engagées sur la voie auxiliaire lorsque les grandes roues d'arrière seront encore sur la voie normale. Il en résultera certai-

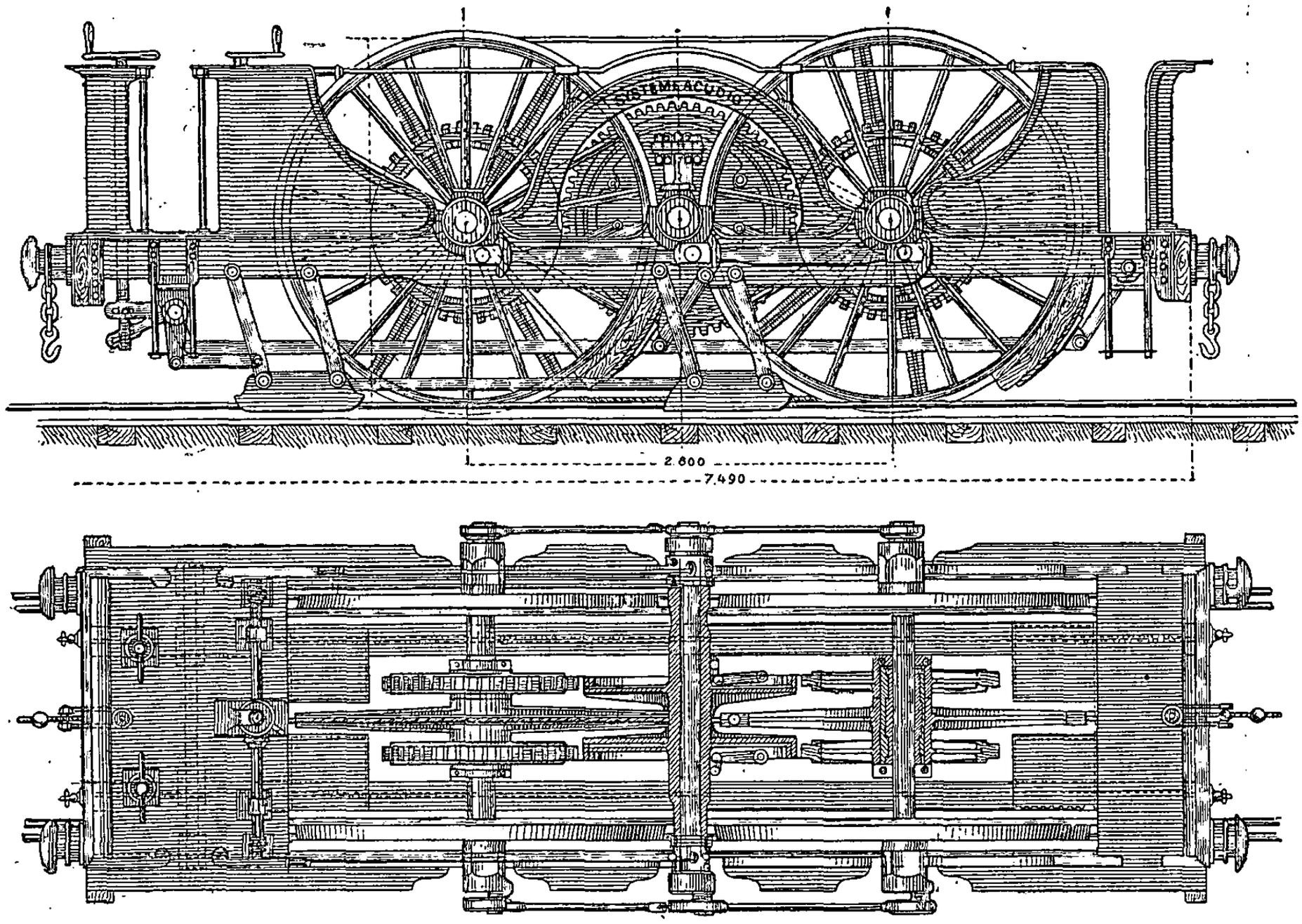


Fig. 158 et 159. — *Vue extérieure et plan des locomoteurs Agudio. Disposition proposée pour la traversée des rampes d'accès du Gothard*

ment des efforts de glissement considérables qui tendront à briser les bielles, et le passage ne pourra s'effectuer qu'avec de grandes précautions. On atténuera peut-être ces difficultés par l'interposition de ressorts supportant l'extrémité mobile de la voie auxiliaire et facilitant l'entrée graduelle de la machine, comme on l'a fait par exemple sur la voie mixte de Roschach à Heiden, ainsi que nous l'avons dit plus haut.

Quoi qu'il en soit, ce type de voie n'a pas encore été à notre connaissance appliqué jusqu'à présent, et il faut attendre l'épreuve de la pratique avant d'émettre un jugement définitif.

Chemins à câble télodynamique, *système Agudio*. Cette disposition, l'une des plus ingénieuses qu'on ait proposées pour assurer la traction sur les voies en rampe est une solution intermédiaire qui emprunte à la fois la machine fixe, le câble des lignes funiculaires et le moteur par adhérence des lignes ordinaires. Elle consiste à recourir à un câble moteur qui n'agit plus par traction directe, mais par l'effort adhérent dû à son enroulement sur les poulies motrices d'un appareil spécial appelé *locomoteur* : celui-ci est alors attelé en tête du train comme le serait une locomotive, il joue dans une certaine mesure un rôle analogue à celui de cette machine elle-même. Dans ces conditions, le câble moteur est animé d'une vitesse de translation qui peut être amplifiée, en augmentant le diamètre des poulies du locomoteur, dans un rapport quelconque avec celle du train lui-même, ce qui permet de réduire pareillement la section, et par

suite le poids du câble, et diminue par là les travaux de frottement de tous genres qui absorbent inutilement la plus grande partie de l'effort moteur. Enfin, il est possible en employant une machine motrice à chaque extrémité du plan, de rendre les deux brins du câble moteurs à la fois, ce qui réduit encore la section de moitié.

On voit par là que le système Agudio possède cette propriété précieuse d'être applicable sur des rampes rattachées au réseau des voies ferrées et non plus seulement sur des voies isoleés comme le système funiculaire, il permet ainsi de remorquer un train tout entier, locomotive en tête, avec un câble qui suffirait autrement pour quelques vagons au plus.

Malgré tous les avantages qu'il présente, le système Agudio n'a pas encore reçu d'application définitive, il a été essayé néanmoins à différentes reprises dans des circonstances diverses sur les rampes de Dusino et de Lans-le-Bourg; mais, tout en conservant le même principe, le locomoteur a été modifié de manière à s'adapter aux circonstances particulières où il se trouvait placé.

Nous avons représenté sur les figures 158 et 159 le dernier type adopté par l'auteur pour les plans inclinés qu'il aurait voulu disposer sur les lignes d'accès du Saint-Gothard. M. Agudio proposait d'admettre pour cette application une pente de 8 à 10 centimètres ce qui aurait permis de réduire dans une grande proportion le développement de ces voies, et de supprimer en même temps la plus grande partie des ouvrages d'art si dispendieux, ponts, viaducs et tunnels qu'elles ont exigés. On aurait ainsi constitué une série de plans inclinés desservis par autant de locomoteurs sans qu'il en résultât d'ailleurs, comme nous l'avons dit plus haut, aucune gêne particulière pour l'exploitation. On aurait évité en même temps toute dépense de force motrice pour la traversée de ces plans, car les câbles télodynamiques seraient commandés par les turbines actionnées directement par les eaux des chutes de la montagne. Dans cette installation, les machines motrices auraient été disposées à la partie supérieure, le câble est sans fin, il descend le plan en reposant sur des galets spéciaux qui le dévient dans les courbes. Il s'enroule sur le locomoteur comme nous le di-

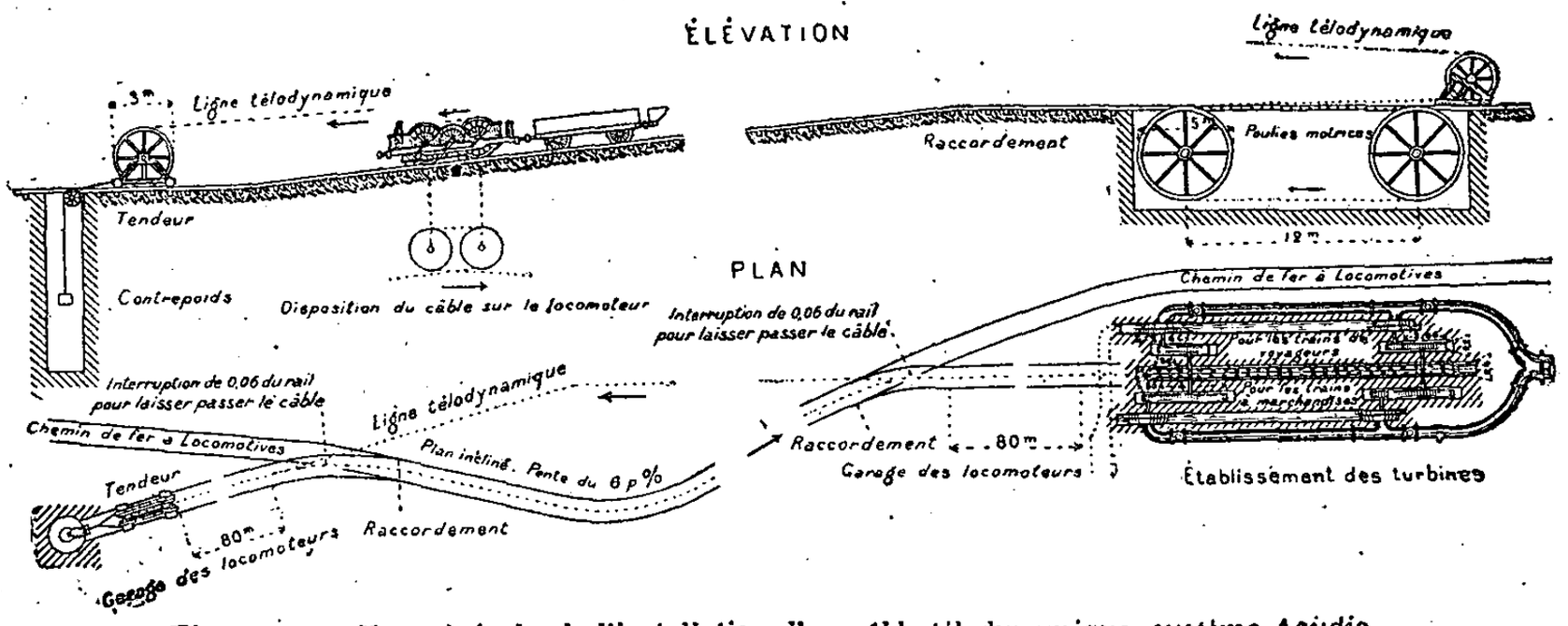


Fig. 160. — *Vue générale de l'installation d'un câble télodynamique, système Agudio.*

sons plus bas, il revient ensuite au niveau de la voie et descend jusqu'au bas du plan où il est maintenu par un tendeur, il remonte ensuite en ligne droite au sommet (fig. 160).

Le système Agudio admet des courbes assez prononcées qu'exclurait tout à fait un câble à traction directe; celui-ci supporte, en effet, un effort plus considérable et exercerait par suite un frottement proportionnel et trop élevé sur les poulies de renvoi; aussi les chemins de fer funiculaires doivent toujours rester rectilignes, ce qui en restreint l'application dans une grande mesure, comme nous le disions plus haut.

Le locomoteur (fig. 158) repose sur quatre grandes roues qui rappellent les roues motrices d'une locomotive ordinaire. Elles sont rattachées, en effet, par des bielles au faux-essieu du milieu qui est commandé lui-même par les poulies d'enroulement du câble. Celles-ci, au nombre de deux, sont placées dans un même plan vertical occupant exactement l'axe de l'appareil. Le câble moteur vient se loger, comme on le voit, dans les gorges circulaires dont elles sont munies, et il s'enroule autour d'elles en embrassant seulement leurs demi-circonférences extérieures, et formant au-dessus et au-dessous deux tangentes communes horizontales.

Les poulies sont calées sur des manchons qui restent indépendants des essieux des roues motrices et sur lesquels sont fixées également quatre roues dentées engrenant deux à deux avec les deux pignons calés sur l'arbre intermédiaire. Celui-ci se trouve ainsi entraîné sous l'action des poulies, et le mouvement est transmis aux roues motrices par l'intermédiaire des bielles d'accouplement. On remarquera que la rotation des poulies sous l'impulsion du câble tiré par en haut, par exemple, s'effectue dans un sens contraire à celui que prendraient les roues porteuses sollicitées par un câble de traction directe. C'est ce qui a obligé à interposer des engrenages entre les poulies et les roues motrices afin de rétablir le mouvement dans le même sens.

Le poids adhérent des roues motrices s'ajoute,

comme on le comprend, à l'effort moteur du câble pour empêcher le glissement du train, et cet effet utile, qui n'est sans doute qu'un très faible appoint, sera d'autant plus marqué que le poids du locomoteur sera lui-même plus élevé. C'est ce qui a déterminé M. Agudio à ajouter sur le châssis quatre caisses pleines de sable qui formeront une surcharge importante, et le sable servira en même temps, s'il est nécessaire, pour empêcher le glissement sur des rails trop gras.

On comprend, dès lors, comment s'effectue la manœuvre du locomoteur. Lorsque le train arrive au bas du plan, locomotive en tête, l'appareil vient s'atteler à l'arrière, le mécanicien embraie les roues dentées en faisant glisser le manchon sur l'essieu qui le supporte et comme le câble est lui-même en mouvement sous l'impulsion des turbines motrices, les roues porteuses se trouvent entraînées elles-mêmes avec les poulies. Le train se met alors en marche, car l'effort ainsi exercé par le câble enroulé est supérieur à celui qui est nécessaire pour l'entraînement. Le mécanicien règle, d'ailleurs, la vitesse sans difficulté en agissant sur l'embrayage des roues dentées absolument comme il gouverne une locomotive ordinaire au moyen de son régulateur.

En outre, l'appareil est muni de freins énergiques qui permettraient de l'arrêter en cas d'accident imprévu ; tant que le câble résiste, le mécanicien agit sur les roues motrices au moyen de freins à sabots du type ordinaire; dans le cas contraire, il cherche un point d'appui sur les rails, et amarre le train en quelque sorte au moyen de quatre freins à mâchoires. A la descente le câble fournit par lui-même un frein des plus efficaces; le locomoteur avance simplement sur le câble moteur immobile. Mais, si ces freins ne suffisaient pas, on pourrait serrer plus ou moins les embrayages pour introduire une résistance nouvelle qu'on règlerait à volonté et qui aurait pour limite extrême le glissement du câble sur les roues calées.

Le câble est actionné, comme nous l'avons dit plus haut, par les turbines installées au sommet du plan; une disposition d'engrenages convenable permet, d'ailleurs, de lui donner des vitesses différentes suivant qu'il aurait à remorquer un train de voyageurs ou un train de marchandises.

On comprend, par la description que nous venons de donner, que la vitesse du câble peut être amplifiée dans une proportion quelconque par rapport à celle du train. Cette proportion dépend uniquement, en effet, des rapports respectifs des diamètres des roues dentées intermédiaires. Si on appelle, en effet, V la vitesse du train, R le rayon de la roue, r celui du pignon de l'arbre central, r' celui de la roue dentée calée sur le manchon et R' celui de la poulie, la vitesse à la circonférence de la poulie se trouve déterminée par l'expression suivante :

$$V\frac{r}{R}\frac{R'}{r'},$$

et la vitesse du câble devient

$$V\frac{r}{R}\frac{R'}{r'}+V=V'.$$

Dans cette formule R' est peu différent de R et on peut écrire sans erreur $V\frac{r}{r}+V$, on voit qu'en agissant sur le rapport $\frac{r}{r'}$ on peut donner au rapport $\frac{V'}{V}$ une valeur aussi élevée qu'on désire, tout en ne dépassant pas les limites de construction nécessaires.

On réduit par là même dans une proportion égale la section du câble; et si on rend les deux brins moteurs, on réduit encore la section de moitié.

Les dispositions adoptées dans les expériences de Dusino et de Lans-le-Bourg étaient légèrement différentes de celles que nous venons de décrire, aussi nous croyons devoir les exposer ici en quelques mots.

L'essai de Dusino fut pratiqué sur un tronçon abandonné de la ligne de Turin à Gênes qui avait une longueur de 2,260 mètres avec une pente moyenne de 27 millimètres et des courbes de 350 mètres de rayon. Cette pente était relativement faible pour un plan incliné; mais, d'autre part, les courbes créaient des difficultés impraticables pour un câble à traction directe, et le système Agudio sut en triompher, au contraire, de la manière la plus satisfaisante. On put établir, comme nous l'indiquons plus haut, deux machines motrices, l'une au bas, l'autre au sommet du plan, ce qui permit de rendre moteur les deux brins à la fois. On se trouva amené par suite à placer sur le locomoteur deux groupes de poulies d'enroulement disposés symétriquement par rapport à l'axe de la voie, l'un d'eux étant actionné par le brin montant et l'autre par le brin descendant. Enfin, le mouvement de ces poulies était transmis à l'aide d'engrenages convenables aux roues toueuses qui étaient alors placées exactement dans l'axe de la voie et prenaient leur point d'appui sur un câble dormant, régnant d'une extrémité à l'autre de la voie, comme elles auraient fait sur une crémaillère. Ces roues toueuses axiales au nombre de deux, avaient d'ailleurs leurs tambours d'adhérence disposés comme les poulies motrices, c'est-à-dire qu'elles avaient seulement leurs demi-circonférences extérieures embrassées par le câble dormant.

Chacun des deux groupes de poulies était relié au tambour d'adhérence par l'intermédiaire d'engrenages disposés d'une manière analogue à ceux que nous avons décrits plus haut. Seulement, les deux pignons engrenant avec la roue du tambour étaient placés l'un à l'extérieur, l'autre à l'intérieur de celle-ci, disposition qui était nécessaire pour rétablir un sens unique de rotation sur le tambour, puisque le câble montant communiquait inévitablement à ces poulies un mouvement en sens contraire du brin descendant. L'engrenage extérieur était remplacé, d'ailleurs, par une simple poulie de friction qui actionnait à la fois les deux tambours d'adhérence de manière à les rendre simultanément moteurs tous deux.

L'expérience a montré, d'ailleurs, qu'il ne se produisait dans ces conditions aucun glissement du câble sur les poulies, comme on l'avait redouté d'abord, les deux brins étant actionnés chacun par un moteur différent; les deux machines se règlent au contraire d'elles-mêmes, par l'intermédiaire du câble, et il ne pourrait pas en être autrement, en effet, à moins de vaincre la résistance considérable que le câble ainsi enroulé sur ses poulies présente au glissement.

L'inconvénient principal de la disposition avec deux brins moteurs tient plutôt à ce que les deux groupes de poulies étant reportés en dehors de l'axe de la voie, il se produit sous l'effort des deux brins une sorte de couple qui tend à faire pivoter et à dévier le locomoteur, mais c'est là un effet qui se trouve combattu par la réaction des rails et qui n'a jamais d'ailleurs entraîné aucun accident.

Les câbles moteurs sont commandés directement de la plate-forme du mécanicien qui peut agir à volonté sur un embrayage spécial par friction du type Kœchlin. Grâce à cette disposition, le conducteur peut isoler le train du câble de traction, et l'y rattacher à volonté; il commande donc son moteur absolument comme un mécanicien gouverne sa locomotive.

Nous n'insisterons pas ici sur les dispositions ingénieuses adoptées par l'auteur pour assurer le passage des câbles dans les courbes tout en évitant les frottements si considérables qu'entraînent toujours les galets de déviation. M. Agudio avait employé d'abord à cet effet des poulies de support, type Atwood, pour le câble moteur; mais, plus tard, il reconnut qu'il pouvait les simplifier sans inconvénient, et il fit reposer le câble sur des galets horizontaux dans les parties en alignement droit, et il le dévia dans les parties en courbe au moyen de poulies à axe vertical. Quant au câble dormant, il repose sur de simples poteaux qui dans les parties courbes sont reportés en dehors de l'axe de la voie pour ne pas gêner le passage du tambour.

Les machines fixes employées à Dusino étaient deux locomotives installées à demeure, l'une au sommet, l'autre au bas du plan; elles pouvaient, d'ailleurs, être utilisées pour remorquer directement les trains sur la rampe du Dusino. ce qui permettait d'établir une comparaison précise entre les deux systèmes. On reconnut ainsi que le rendement obtenu avec le câble télodynamique était beaucoup supérieur à celui des machines à simple adhérence, car celles-ci ne pouvaient pas remorquer sur la rampe un poids supérieur à 135 tonnes à la vitesse de $8^{k},4$, tandis qu'avec le câble Agudio on pouvait attendre 220 tonnes environ, et ce résultat est d'autant plus remarquable qu'il s'agissait là seulement d'une installation provisoire, établie dans des conditions défectueuses.

Expérience de Lans-le-Bourg. Une nouvelle expérience fut entreprise quelque temps après celle de Dusino sur un plan de 2 kilomètres de longueur établi à partir du village de Lans-le-Bourg, sur le flanc du Mont-Cenis, pendant les travaux de percement du grand tunnel. Cet essai devait être poursuivi concurremment avec celui du système Fell qui était installé alors sur la grande route, comme nous l'avons dit plus haut, mais, il se trouva bientôt interrompu par les événements de 1870 et ensuite arrêté définitivement par l'achèvement du tunnel; de sorte que le système Agudio n'a pu encore, jusqu'à présent, malgré toutes ses qualités réelles, gagner effectivement la sanction de la pratique. L'expérience de Lans-le-Bourg aurait présenté un intérêt tout particulier en raison des courbes si prononcées et de la pente énorme du plan qui atteignait parfois 38 centimètres par mètre.

Le type de locomotive adopté au Mont-Cenis présente, de son côté, avec celui du plan de Dusino, certaines différences caractéristiques imposées d'ailleurs par ces conditions de pentes spéciales, et qu'il est important de signaler.

Comme il fallait avant tout obtenir un point d'appui bien certain, on n'hésita pas à remplacer le câble dormant de Dusino par une véritable crémaillère posée sur la voie, et les tambours d'adhérence du locomoteur devinrent alors des roues dentées engrenant avec celle-ci. Enfin, la difficulté d'installer une machine fixe au sommet du plan dans des conditions de climat trop rigoureuses amena même à n'employer plus qu'une seule machine reportée en bas du plan, et il n'y eut plus dès lors sur le câble qu'un seul brin moteur comme dans le type que nous avons représenté plus haut. Seulement pour prévenir les dangers résultant de la rupture, on employa néanmoins deux câbles moteurs actionnés à la fois, par la même machine et cheminant parallèlement sur la voie. Le locomoteur portait toujours deux groupes de poulies motrices placées de part et d'autre de l'axe de la voie et reportées même en dehors des rails. Chacun des câbles embrasse les demi-circonférences extérieures des deux poulies d'un même groupe, et les mouvements ainsi déterminés qui sont alors de même sens sont transmis par l'intermédiaire de roues d'angle aux pignons horizontaux qui engrènent avec la crémaillère. L'adhérence des roues porteuses n'est pas utilisée. Quant à la crémaillère, elle est posée de champ au lieu d'être couchée sur la voie comme au Righi, les flasques sont horizontales, et sur les rivets verticaux qui les réunissent est appuyée une bande de tôle longitudinale présentant la forme d'un ruban cannelé dont les creux et les saillies forment de part et d'autre autant de dents de la crémaillère. Cette pièce, du poids de 60 kilogrammes le mètre, est rattachée par sa face inférieure à une longrine longitudinale qui la maintient sur la voie. Le locomoteur est complètement symétrique par rapport à la crémaillère, et il présente de chaque côté deux roues dentées qui engrènent sur chacune des faces de celle-ci. On a ainsi, en quelque sorte, deux appareils moteurs complètement distincts, mais la vitesse de rotation n'est pas différente, car les poulies d'adhérence qui les commandent sont calées sur les mêmes essieux, et les deux câbles moteurs sont actionnés d'ailleurs par la même machine.

Un système d'embrayage convenable permet toujours de supprimer à volonté la communication entre les poulies d'adhérence et les pignons de la crémaillère; à cet effet, les roues d'angle sont folles sur l'essieu des grandes poulies d'adhérence qui les supporte, et le mouvement leur est transmis par l'intermédiaire d'une roue de friction dont les segments sont mobiles et peuvent être dilatés plus ou moins de manière à assurer le contact. Le mécanicien embraie à la fois les quatre roues de friction correspondant aux quatre poulies par l'intermédiaire de bielles commandées par un levier qu'il tient à la main, et l'interposition de la roue de friction lui permet de régler cet effet absolument à sa volonté.

L'appareil est pourvu, d'autre part, de freins de sûreté particulièrement robustes et capables de prévenir sûrement la descente du train sur une rampe aussi considérable. Des freins à mâchoires viennent, en effet, saisir les longrines en bois supportant la crémaillère, comme dans les dispositions que nous avons eu déjà l'occasion de décrire plus haut. En outre, des freins à sabots agissent sur la roue lisse solidaire avec chacune des roues d'angle horizontales, et ils pourraient au besoin caler complètement le mécanisme. Enfin, les câbles eux-mêmes fourniraient un frein des plus énergiques, si on voulait y avoir recours à la descente en agissant sur les embrayages par friction. Des cliquets de sûreté battent, en outre, à la montée sur les dents de la crémaillère, et ils préviendraient au besoin tout recul du train dans le cas d'une rupture du câble.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur le sys-

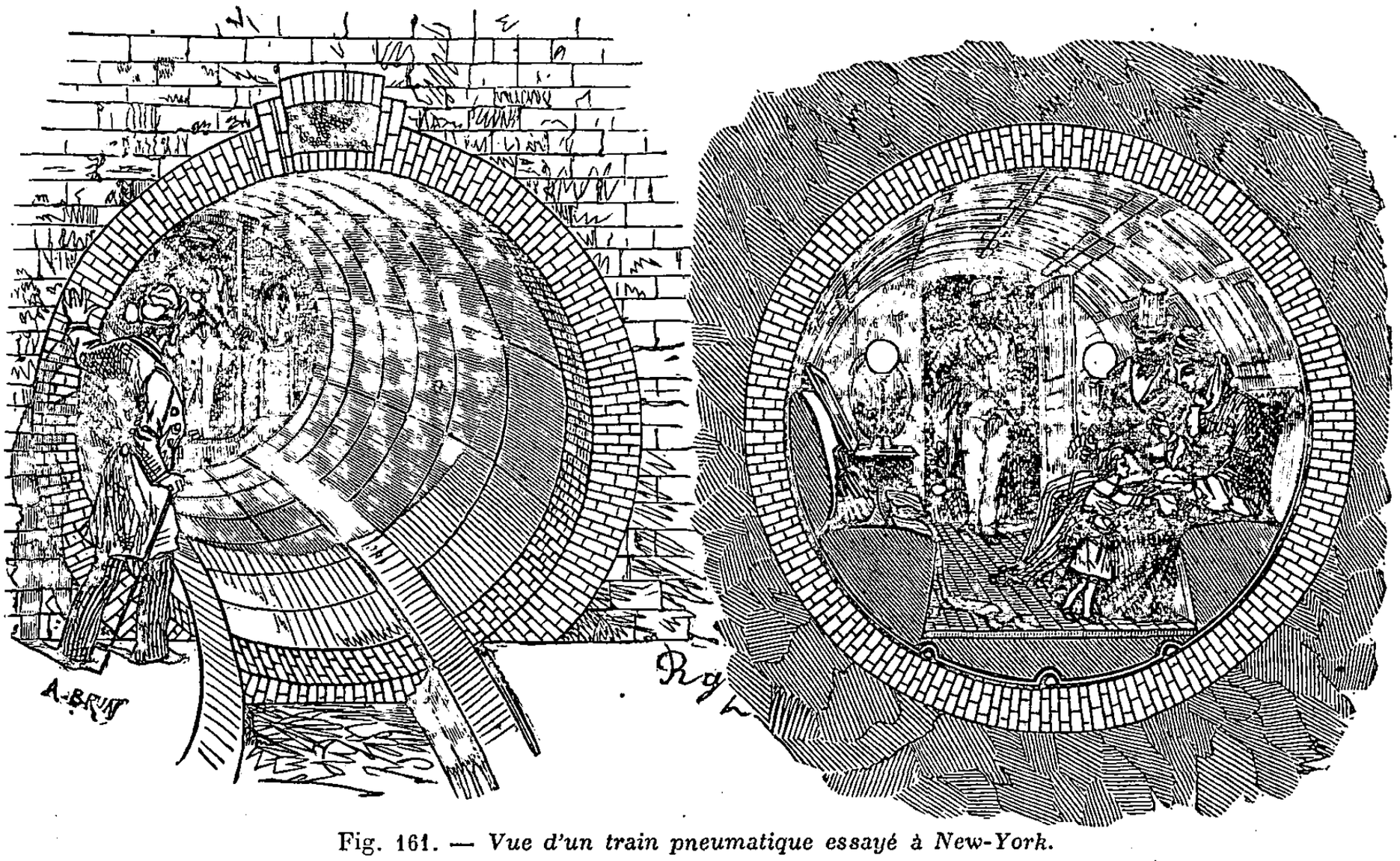


Fig. 161. — *Vue d'un train pneumatique essayé à New-York.*

tème Agudio, et nous ne décrirons pas les autres dispositions de moteurs adoptées par cet ingénieur car elles en différaient seulement par des détails importants sans doute, mais qui n'affectaient pas le principe fondamental: la transmission de l'effort par adhérence et l'emploi du câble rapide à section réduite. Toutefois, ce que nous avons dit plus haut permet d'apprécier déjà l'importance d'un système qui peut s'adapter d'une manière si remarquable avec des conditions de rampes et de courbes les plus variées et presque inadmissibles avec des plans inclinés à traction directe; et il est vraiment fâcheux qu'il n'ait pu rencontrer jusqu'à présent d'application définitive.

Les chemins de fer atmosphériques dans la traversée des rampes. Au lieu de prendre directement sur la locomotive elle-même le point d'appui nécessaire pour suppléer à l'insuffisance de l'effort de traction sur les fortes rampes, comme sur les voies à crémaillère ou à rail central, on peut chercher à le lui donner par l'intervention d'un moteur étranger, recourir, par exemple, à la pression continue de l'air pour assurer la propulsion du train. Dans ces conditions, on se trouve amené à installer sur la voie un tube longitudinal dont le piston continuellement chassé par la pression motrice entraîne avec lui la locomotive et le train qu'elle remorque. On se trouve alors mis en présence de deux solutions différentes ; on peut employer, en effet, un tube de petit diamètre dont le piston est alors muni d'une tige faisant saillie au dehors pour se raccorder avec la locomotive qui reste extérieure au tube, ce qui oblige alors à fendre longitudinalement celui-ci et à disposer une soupape qu'il est bien difficile de maintenir étanche; ou bien pour échapper à cet inconvénient, on peut agrandir

le diamètre du tube et essayer d'y faire passer le train qui fait alors lui-même fonction de piston. Cette dernière disposition paraît entraîner d'ailleurs des difficultés d'application beaucoup plus graves encore, car elle oblige à installer un tube de grand diamètre qui devient un véritable tunnel dont il faut maintenir la section invariable et assurer l'étanchéité. Un tube entièrement métallique exige alors des dépenses énormes, et un tube en maçonnerie plus difficile à surveiller devra être en même temps protégé contre les avaries extérieures surtout sur le flanc des montagnes. Quoiqu'il en soit, cette idée, des trains pneumatiques, proposée à différentes reprises par par des ingénieurs distingués comme MM. Daigremont et Berrens par exemple, n'a jamais reçu aucune application continue pour le transport des voyageurs, et nous ne pouvons guère citer que l'essai pratiqué à New-York, il y a quelques années, et qui est représenté figure 161 ; nous n'examinerons donc ici que la première solution, dont nous parlions plus haut, celle des tubes de petit diamètre avec train extérieur et fente longitudinale.

A côté de difficultés d'installation nécessairement inhérentes à un pareil système, il faut reconnaître d'abord que l'emploi de la pression d'air présente des avantages théoriques tout à fait séduisants, surtout pour l'application dans les montagnes, car on peut alors utiliser très commodément le travail des chutes d'eau des torrents, obtenir ainsi gratuitement en quelque sorte la force motrice. Enfin, à la descente, le travail du train peut être récupéré pour la plus grande partie, puisqu'on peut l'utiliser pour comprimer l'air qui se détendra dans l'ascension suivante. D'autre part, on peut avoir recours à la pression d'air tout en conservant néanmoins la locomotive et utilisant toujours son poids adhérent et le travail moteur qu'elle peut fournir ; car la pression d'air en raison de son élasticité s'adapte très bien aux variations d'effort de la locomotive en marche.

Les premiers essais entrepris pour réaliser cette idée n'ont pas donné, comme nous l'avons dit, de résultats satisfaisants, en raison des difficultés d'exécution, mais il y a lieu de penser qu'on pourrait la reprendre avec succès aujourd'hui, comme M. Gonin l'a fait dernièrement dans les expériences de Plainpalais, en profitant alors de tous les progrès apportés dans ces derniers temps à la construction des machines à air, notamment dans les travaux de percement des grands tunnels du Mont-Cenis et du Saint-Gothard.

Le système atmosphérique a été essayé à l'origine des chemins de fer sur différentes lignes anglaises, notamment de Kingstown à Dalkey 3 kilomètres) sur un tronçon de 14 kilomètres, de Londres à Croydon et de Exeter à Plymouth (14 kilomètres), mais, il fut rapidement abandonné.

Plus tard il fut repris à nouveau sur la ligne de Saint-Germain au Vésinet, dans une expérience demeurée célèbre sur laquelle nous devons par suite insister davantage.

Dans cette application, l'effort moteur était obtenu en faisant continuellement le vide devant le piston mobile qui avançait soulevé par la pression atmosphérique en entraînant avec lui le train à remorquer.

Le vide ainsi ménagé était d'un tiers d'atmosphère environ correspondant à une pression totale effective de 1,000 kilogrammes pour un diamètre intérieur de $0^m,63$, et il était obtenu au moyen d'une machine fixe installée au sommet de la rampe. La fente longitudinale ménagée dans le tube était fermée par un long clapet en cuir garni de feuilles de tôle imitant des écailles, et mobile autour d'une charnière fixée à l'une des lèvres de la fente, l'autre lèvre étant formée par un siège en cuir sur lequel reposait le clapet. Cette soupape était soulevée au fur et à mesure de l'avancement du piston dans le tube par la barre de traction rattachée au train. Celle-ci était disposée à l'arrière du piston et munie de galets qui préparaient, en le limitant, le déplacement de la soupape sur le passage de la barre. Cette soupape constituait, comme on le comprend immédiatement, la plus grande difficulté du système, car la fermeture n'était jamais bien hermétique, et il se produisait à l'avant d'énormes rentrées d'air qui multipliaient inutilement et dans une forte proportion le travail de la machine fixe. Ce vice radical qu'on ne parvint jamais à atténuer malgré toutes les précautions, obligea à renoncer à cette disposition, et on supprima d'autant plus volontiers le tube atmosphérique pour en revenir aux locomotives qu'on reconnut bientôt par de nombreux exemples qu'une rampe de 0,035, comme celle de Saint-Germain n'avait rien d'impraticable, même en service régulier, pour les machines à simple adhérence.

Malgré cet insuccès, l'essai du tube atmosphérique a été repris dernièrement, comme nous le disions plus haut, dans des conditions nouvelles à Plainpalais, par M. Gonin, en profitant de tous les perfectionnements réalisés depuis, et les résultats obtenus dans ces essais permettent de penser qu'on pourrait désormais obtenir un fonctionnement régulier du système atmosphérique.

L'ascenseur installé à Plainpalais, près de Genève, par M. Turettini, d'après le projet de M. Gonin, comprend, comme à Saint-Germain, un tube placé dans l'axe de la voie et fendu longitudinalement avec un piston mobile qui doit remorquer le train ; seulement l'effort moteur est obtenu en admettant l'air comprimé derrière le piston au lieu de faire le vide à l'avant. La pression admise est de 6 atmosphères, ce qui a permis de réduire dans une forte proportion le diamètre du tube limité à $0^m,25$.

L'air comprimé qui doit être refoulé dans le tube est aspiré par un compresseur dans un grand réservoir spécial, et lorsqu'il a rempli tout le tube, il est ramené dans ce même réservoir par le train descendant qui suit. Celui-ci chasse alors le piston devant lui, et se crée ainsi un frein particulièrement sûr et efficace, en même temps qu'il restitue, par la compression de l'air, la plus grande partie de l'effort moteur dépensé pour l'ascension du train précédent.

Le tube adopté à Plainpalais est représenté dans les fig. 162 et 163. Il est en fonte et consolidé par par nervures extérieures, il est placé au milieu de la voie et posé sur les traverses, les rails sont relevés sur des longrines longitudinales et ramenés ainsi au niveau du dessus du tube.

La fente supérieure destinée à livrer passage à la barre de connexion est fermée par une soupape de disposition spéciale qui forme ainsi l'un des traits particuliers de l'installation de l'ascenseur. Cette soupape du fonctionnement de laquelle dépend en quelque sorte la valeur pratique du système tout entier paraît appelée à donner en service des résultats très satisfaisants, car elle assure une obturation suffisante et d'autant meilleure que la pression est plus élevée. Elle présente, comme on le voit en B (fig. 163), une forme trapézoïdale, et elle repose sur le siège garni de cuir ménagé sur les deux lèvres de la fente en A. Elle se trouve reliée par des tiges verticales à une barre de fer méplate C qui vient s'appliquer sur le tube lorsqu'elle est au repos ; mais, lorsque les deux bras verticaux fixés à l'avant du piston et recourbés en forme de lyre de la barre d'attelage H viennent à passer, ils soulèvent le fer méplat, comme c'est la position représentée sur la figure 163, et, après le passage des barres, le piston qui se présente à son tour applique définitivement la soupape sur son siège.

Le piston lui-même est en fonte garnie de cuir ; pour obtenir une fermeture aussi étanche que possible, on a pratiqué trois rainures sur le pourtour et placé dans chacune d'elles un anneau en caoutchouc recouvert de bandes de cuir qui frottent de champ contre les parois du tube.

De plus, l'air comprimé venant de l'arrière du piston, communique successivement avec les faces intérieures de chacun de ces trois anneaux

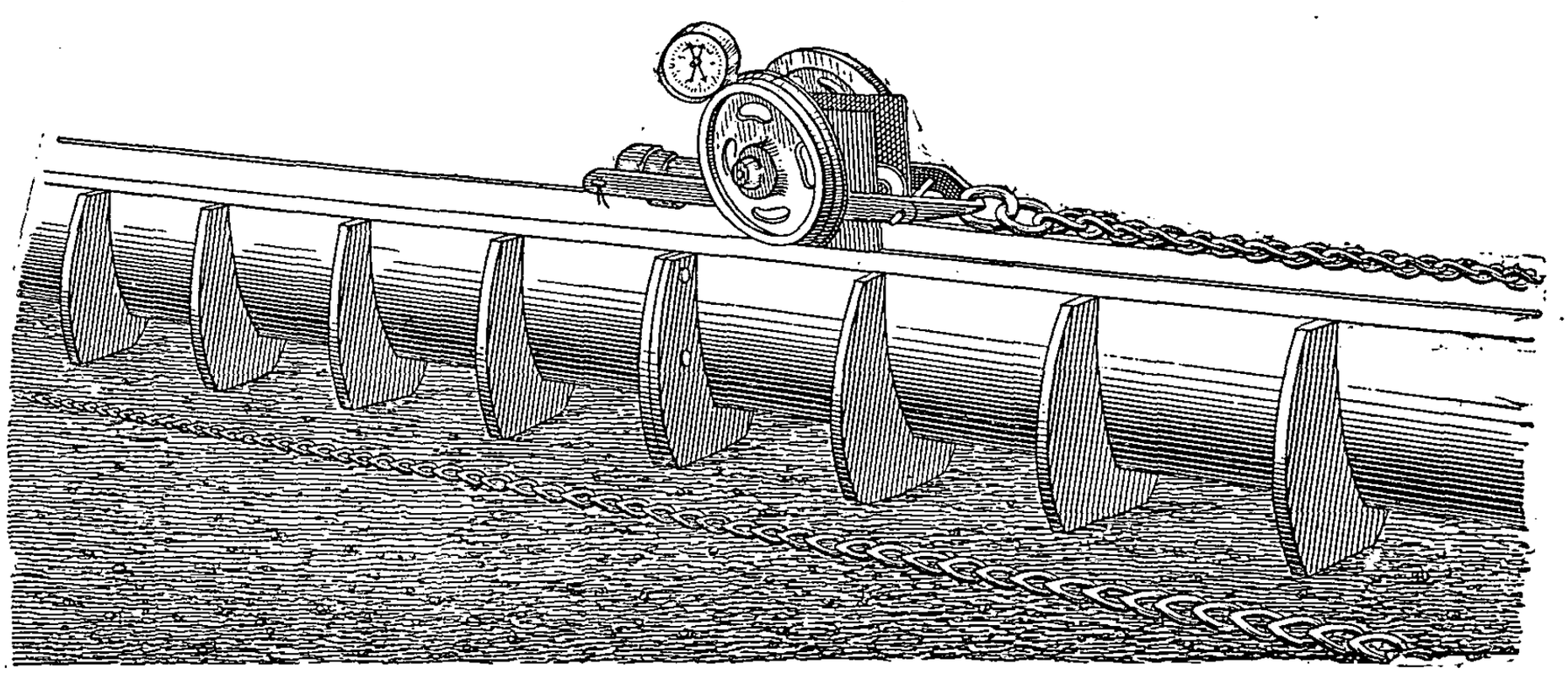


Fig. 162. — *Vue extérieure du tube de Plainpalais. Ascenseur à air comprimé. La chaîne représentée a servi seulement dans les expériences, elle est sans emploi en service régulier.*

et il contribue ainsi à les appliquer sur les parois et à se fermer toute issue.

Nous avons dit que l'air était comprimé à la pression de 6 atmosphères, on a eu soin de diviser en deux parties ce travail de compression pour éviter l'échauffement considérable qui se manifesterait autrement, on a donc interposé un réservoir où l'air comprimé est admis à la pression de quatre atmosphères, et il est repris ensuite par un nouveau compresseur avant d'être dirigé dans le tube.

L'assemblage du piston et de la locomotive arrivant au bas de la rampe s'opère avec la plus grande facilité sans exiger aucun aiguillage, de la manière suivante : la barre d'attelage sortant du tube de propulsion se termine au jour par un petit chariot-guide qui roule sur de petits rails placés à droite et à gauche de la voie en E, et qui porte à l'avant un tampon fixe destiné à venir buter contre un autre tampon mobile correspondant fixé sur la locomotive. Pour faire usage de l'ascenseur, le mécanicien abaisse ce second tampon au contact du premier, et tout le train se trouve dès lors entraîné avec le piston mobile. En arrivant au haut de la rampe, le piston et le chariot-guide s'arrêtent seuls, et le train poursuit sa marche sans arrêt. Au contraire, quand le tampon mobile est relevé, le train tout entier peut passer par dessus le petit chariot de l'ascenseur sans rencontrer aucun obstacle.

M. Gonin poursuit actuellement une nouvelle application industrielle de son ascenseur en ayant recours à l'eau sous pression pour remplacer l'air comprimé ; mais les travaux de construction ne sont pas encore assez avancés (août 1882) pour qu'il nous soit possible de donner quelques détails sur cet essai sans doute unique jusqu'à présent, car nous ne croyons pas que le tube hydraulique proposé, en 1852, par M. Girard, et destiné selon lui à remplacer les locomotives même sur les voies en palier, ait jamais reçu aucune application pratique.

Les ascenseurs hydrauliques. Comme exemple extrême de l'application des ascenseurs hydrauliques sur les voies ferrées, nous pouvons citer le projet curieux, actuellement en cours d'exé-

cution, de M. Edoux, pour l'établissement de ses ascenseurs dans les Pyrénées.

Le chemin de fer projeté est destiné à mettre la ville de Cauterets en communication avec les sources de La Raillière qui en sont distantes de plus d'un kilomètre, et élevées d'une hauteur de 125 mètres au-dessus du niveau de la ville. Le projet d'ascenseur qui présentait l'avantage d'utiliser directement les eaux des torrents, fut adopté de préférence à une ligne à crémaillère proposée par M. Riggenbach, et à une nouvelle application du système Fell reprise par M. Tarbé des Sablons.

Ce système fractionne la hauteur de 125 mètres à gravir en cinq étages différents de 25 mètres chacun d'élévation, qui sont desservis par autant d'ascenseurs. Ceux-ci sont renfermés dans cinq tours réparties sur le flanc de la montagne et écartées l'une de l'autre de 40 mètres en moyenne, le sommet de chacune de ces tours étant toujours légèrement plus haut que la base de la tour suivante et rattaché à celle-ci par un viaduc sur lequel on a pu ménager une pente suffisante pour qu'un vagon la descendit automatiquement sous la seule action de la pesanteur.

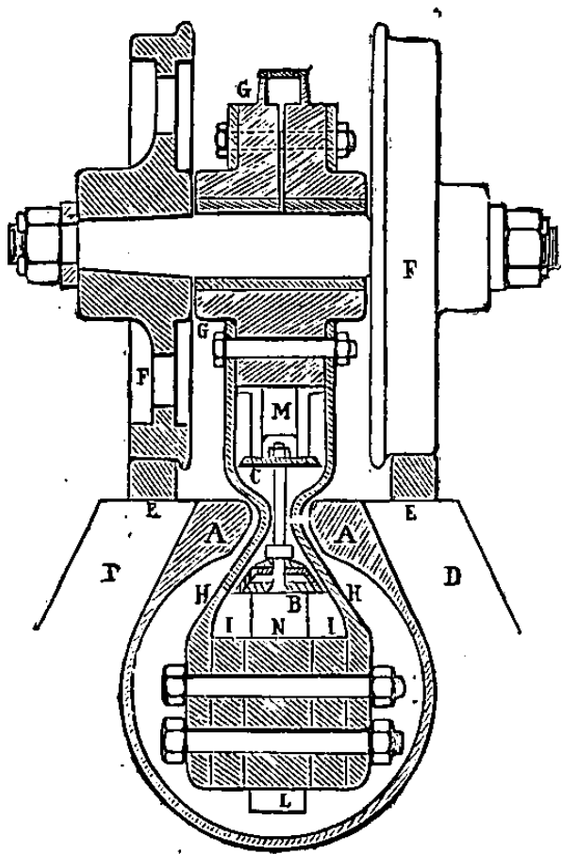


Fig. 163. — *Section transversale de la voie et du tube de l'ascenseur de Plainpalais.*

A Tube en fonte. — *B* Soupape longitudinale composée de quatre parties : 1° bande de fer en goutte de suif; 2° lanière en cuir gras; 3° soupape en bois; 4° lame de fer plat. — *C* Bande de fer plat à laquelle la soupape est suspendue. — *D* Nervure du tube. — *E* Rails des galets. — *F* Roule du chariot. — *G* Palier de l'essieu. — *H* Barre d'attelage en forme de lyre. — *I* Coupe des barres en fer qui forment la tige du piston et auxquelles est fixée la barre d'attelage, — *N* Fourrure qui assure le serrage de ces barres. — *M* Galets d'écartement qui maintiennent la soupape pendant le passage de la barre.

On comprend alors comment s'effectue le voyage; le véhicule à transporter est soulevé jusqu'au sommet du premier ascenseur avec le piston de celui-ci, puis il se rend de lui-même jusqu'à la base du second ascenseur, grâce à la pente ménagée sur le viaduc, il arrive alors sur le plateau du second ascenseur qui le soulève dans les mêmes conditions, et la même manœuvre se répète toujours au passage d'un ascenseur au suivant. Le sommet du dernier est élevé à un niveau supérieur de 10 mètres à celui des sources, et il est rattaché à La Raillière par un plan incliné à circulation également automatique d'un kilomètre de longueur. La voiture arrive ainsi à destination sans aucune dépense de force motrice autre que l'eau des torrents de la montagne, et elle est munie d'ailleurs de freins énergiques pour prévenir tout excès dangereux de vitesse dans la descente des plans.

Le voyage en retour s'opère dans des conditions analogues : à son arrivée à La Raillière, la voiture est reçue sur un truck spécial et ramenée à un plan de retour disposé également pour assurer la circulation automatique du véhicule. Ce plan aboutit directement au sommet du second ascenseur en évitant les trois derniers; le véhicule descend de là le second ascenseur, muni à cet effet d'une installation double, et il arrive ainsi sur le premier viaduc, il parcourt une voie de retour spéciale à circulation automatique, et arrive enfin à l'ascenseur de départ qui le ramène à Cauterets.

Cette installation très ingénieuse présente, comme nous le disions, l'avantage d'utiliser directement les eaux des torrents, mais elle entraîne d'autre part des constructions de tours et de viaducs très dispendieux, et elle ne paraît guère applicable que dans certains cas exceptionnels comme celui-ci. Il semble d'ailleurs qu'on aurait pu réussir même avec un chemin funiculaire ou à crémaillère suivant la pente même de la montagne, et en conservant les deux plans à circulation automatique, à obtenir une traction entièrement gratuite et à desservir les deux niveaux tout en conservant l'indépendance du mouvement des trains montants et descendants.

CHEMINS DE FER DANS LES VILLES

Chemins de fer métropolitains. Les chemins de fer, tels que nous les avons considérés jusqu'à présent, sont essentiellement appropriés à la circulation à grande distance, ils établissent entre les centres écartés des communications économiques sûres et rapides pour lesquelles ils surpassent, sans aucune comparaison possible, tous les autres modes de transport.

Par la puissance considérable et la vitesse dont ils disposent, ils répondent cependant aussi particulièrement bien aux besoins de la foule affairée qui s'empresse dans les rues des grandes villes, et qui voudrait se transporter instantanément, pour ainsi dire, d'un quartier à l'autre.

C'est là un problème dont la solution acquiert tous les jours une urgence nouvelle dans toutes nos grandes villes, surtout dans les capitales; la superficie qu'elles occupent va toujours en augmentant : dans leur expansion continuelle elles ont débordé presque toutes sur leurs anciennes enceintes, et elles arrivent à former des agglomérations s'étendant au loin dans la campagne sur un périmètre dépassant souvent plusieurs kilomètres. Les moindres déplacements à l'intérieur de la ville deviennent alors de véritables voyages pour lesquels le chemin de fer rendrait, comme

nous le disions, les plus grands services. Malheureusement, le chemin de fer a ses exigences spéciales qui empêchent d'y avoir recours; on ne peut lancer, en effet, ses trains dans la circulation générale, et il faut lui donner absolument une chaussée spéciale qu'on ne peut guère trouver dans les quartiers fréquentés des villes anciennes. Si on veut poser les rails directement dans la rue, on renonce alors aux deux principaux avantages des chemins de fer, la puissance et la vitesse, on n'a plus que des simples voitures isolées qu'il faut traîner presque toujours par des chevaux, et qui ne diffèrent plus guère du type ordinaire. On réalise sans doute ainsi une réduction sensible de l'effort de traction, et ces voies, auxquelles nous consacrons (V. TRAMWAY) un article spécial, deviennent maintenant d'un usage général dans toutes les villes un peu importantes; mais, on ne saurait nier cependant qu'elles ne répondent pas encore aux besoins de la circulation si affairée dans les grandes capitales.

On se trouve donc obligé de descendre au-dessous du sol et de creuser de longs souterrains partant des quartiers excentriques pour atteindre les parties centrales qui sont toujours les points où se traitent les affaires et où la circulation est la plus active.

C'est le parti qui a été adopté à Londres, par exemple, et la Cité est desservie par des chemins de fer souterrains rattachés à toutes les grandes voies et qui la mettent en communication en quelques instants par des trains rapides et fréquents avec des points écartés souvent de 15 à 20 kilomètres et qui font toujours partie néanmoins de l'agglomération londonienne.

Il arrive ainsi que toute cette population qui se presse chaque jour dans les rues étroites de la ville, peut s'éloigner tous les soirs pour revenir le lendemain, et on peut dire que la Cité ne renfermant que des bureaux d'affaires n'a plus d'habitants la nuit. Ce sont là, il est vrai, des conditions particulières dérivées des mœurs et qui ne se retrouvent plus au même degré dans les autres capitales; et à Londres d'ailleurs, dont le climat brumeux ne laisse jamais apercevoir complètement le soleil, ces longues traversées en souterrain ne paraissent pas aussi pénibles qu'elles le seraient ailleurs.

A New-York on a adopté un parti différent, et on a construit un chemin de fer atmosphérique en reportant la voie sur un viaduc continu établi au-dessus des rues à la hauteur des premiers étages des édifices. Cette disposition beaucoup plus agréable pour les voyageurs était en même temps d'une application facile à New-York où les rues sont très larges et continuellement rectilignes. Ces solutions extrêmes n'ont d'ailleurs rien d'absolu, et on peut toujours disposer la voie en viaduc ou en souterrain suivant les circonstances locales, comme on le fera sans doute à Paris.

Chemins métropolitains de Londres. Les chemins de fer métropolitains de Londres constituant ce qu'on appelle le *inner circle* ne forment pas cependant un cercle absolument fermé, mais les deux points extrêmes, Bishop's-Gate et Mansion-House, situés tous deux dans la Cite au point le plus affairé de la ville sont d'ailleurs très peu écartés l'un de l'autre.

La ligne présente un développement total de 17 kilomètres et comprend 21 stations, elle est possédée actuellement par deux compagnies distinctes, le *Métropolitain Railway* qui va jusqu'à Morgate Street et le *Métropolitain District* qui relie cette dernière station à celle de Mansion-House. La voie est raccordée à toutes les grandes lignes, comme nous le disions plus haut, et les voyageurs peuvent prendre dans toutes les stations un billet pour un point quelconque du Royaume-Uni.

Le chemin de fer est établi dans des souterrains descendus à quelques mètres au-dessous du sol, ceux-ci sont interrompus seulement par quelques tranchées et des prises d'air relativement courtes. Il arrive même souvent que les stations sont établies complètement dans des souterrains, comme c'est le cas, par exemple, pour celles de Portland Road, Gower Street et Baker Street, toutefois c'est une disposition dont on a reconnu les inconvénients et à laquelle on tend à renoncer.

La construction de la voie, commencée en 1853, présenta de nombreuses difficultés de détail tenant aux tuyaux de toutes sortes, d'égout, d'eau et de gaz qu'on rencontrait à chaque instant sous les rues et qu'il fallut déplacer sans les interrompre pour ne pas gêner les services publics dans une ville aussi populeuse. Habituellement ces conduites furent maintenues au même niveau et rejetées seulement sur les côtés et en dehors du souterrain. On réussit même dans certains cas à utiliser les tubes pneumatiques servant à la transmission des dépêches, pour aider à la ventilation des tunnels.

Les souterrains ne furent pas construits à la manière ordinaire; comme ils ne descendaient guère au-dessous d'un mètre environ, les galeries furent creusées en tranchées, et elles furent ensuite recouvertes d'une voûte en maçonnerie chargée de terre, ce qui permit ainsi de travailler à découvert dans des conditions beaucoup plus faciles et plus sûres qu'on n'aurait pu le faire pour un tunnel. Les terrains devenus ainsi disponibles à la surface furent d'ailleurs revendus par la Compagnie à des conditions avantageuses.

Des regards ont été ménagés sur la voie publique, comme nous l'avons dit plus haut, pour assurer la ventilation de ces longs tunnels; on a dû prévenir d'autre part les dégagements de fumée des locomotives en prenant certaines précautions spéciales. En arrivant dans les tunnels, le mécanicien obture la cheminée en fermant un clapet dont elle est munie à la base, il arrête le tirage en même temps que la production de la fumée, de sorte que la combustion se trouve ainsi complètement suspendue pour ainsi dire, mais comme la chaudière possède une surface de chauffe très considérable, la chaleur emmagasinée déjà suffit pour assurer la production de vapeur nécessaire pendant la traversée du souterrain. Quant à la vapeur dégagée des cylindres, par le travail de la machine, au lieu d'être dirigée dans la cheminée, elle est conduite dans

le tender par un tube spécial, et elle produit ainsi un effet utile en réchauffant l'eau d'alimentation.

La circulation est extraordinairement active sur les chemins métropolitains de Londres, les trains se succèdent sans interruption toutes les cinq minutes seulement, et de la station de Morgate par exemple, il ne part pas moins de 21 trains pendant l'espace de deux heures seulement sur le métropolitain, et si on ajoutait ceux qui sont dirigés sur les différentes lignes rattachées au métropolitain, on en trouverait quelquefois jusqu'à 48. Le nombre de voyageurs annuellement transportés dépasse 50 millions.

Chemins de fer aériens de New-York. Le métropolitain de New-York est établi, comme nous l'avons dit, sur des viaducs suivant le tracé même des grandes rues, qui sont souvent d'ailleurs parcourues déjà par des tramways. Cette disposition beaucoup plus agréable pour les voyageurs que la traversée des tunnels obscurs et mal aérés de Londres, était en même temps d'une application particulièrement facile à New-York, car les rues y sont très larges et constamment rectilignes. Toutefois, les habitants des maisons voisines n'auraient pas vu, paraît-il, sans un grand déplaisir l'établissement des chemins de fer devant leurs portes, car le bruit en serait très gênant et d'autre part le viaduc donne aux voyageurs le moyen de plonger les regards dans les appartements par les fenêtres

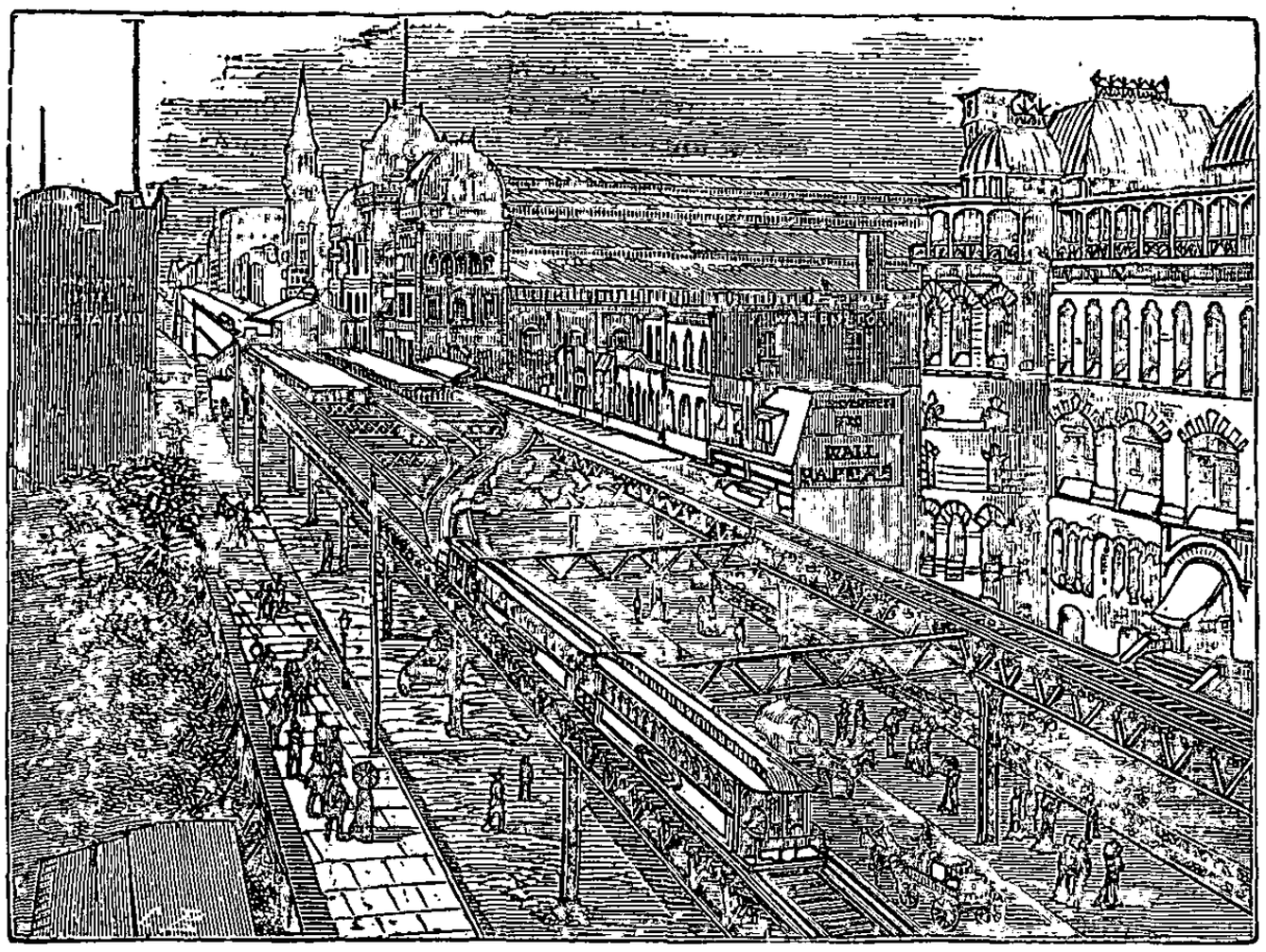


Fig. 164. — *Vue du chemin de fer métropolitain de New-York.*

ouvertes. Quoi qu'il en soit, il semble qu'on pourrait remédier à ce dernier inconvénient par la construction de parapets élevés en treillis et on aurait certainement aussi diminué le bruit si on avait adopté un viaduc en maçonnerie comme à Berlin.

Le réseau de New-York comprend cinq voies aériennes formant autant de ponts métalliques de chacun dix kilomètres de longueur environ, elles partent toutes du confluent d'East-River et d'Hudson-River, et se dirigent vers la rivière de Harlem, le Parc Central, et l'île de Manhattan. Chacune d'elles est établie pour quatre voies dont deux pour les trains montants et deux pour les trains descendants.

Les viaducs sont formés par des poutres de fer en treillis dont la hauteur varie, au-dessus de la seconde avenue, par exemple, de $6^m,10$ à $15^m,20$. Les colonnes qni les supportent sont en fonte, au nombre de deux par poutre, elles sont raidies transversalement par des croix de Saint-André et rattachées dans le sens longitudinal par une poutre horizontale continue (fig. 164).

L'établissement des fondations de ces colonnes a exigé des travaux considérables surtout en raison de la mauvaise nature du terrain; on put éviter néanmoins de dévier les égouts et les conduites diverses comme on l'avait fait à Londres, tout en descendant s'il était nécessaire à un niveau inférieur.

Les voies ont toutes la largeur du type normal de $1^m,450$ d'axe en axe, elles restent presque toujours entièrement droites; mais on y rencontre néanmoins aux tournants de certaines rues des courbes de 27 mètres de rayon. Les véhicules sont supportés d'ailleurs par des trucks articulés au centre desquels sont attachées les barres d'attelage et ils s'inscrivent ainsi facilement dans ces courbes. Ces voitures sont du type allongé avec plates-formes aux extrémités, comme les véhicules américains, elles renferment chacune 48 places dont 32 en long et 16 en travers.

Les trains composés de quatre pareilles voitures au plus sont remorqués par une petite locomotive-tender, d'un poids de 6 tonnes, munie à

l'avant et à l'arrière d'un truck articulé à deux roues.

La circulation est plus active encore peut-être qu'à Londres, les trains se succèdent de trois en trois minutes sur presque toutes les lignes, depuis cinq heures du matin jusqu'à huit heures du soir, et on compte ainsi, sur la troisième avenue, par exemple, 850 trains par jour, qui ne représentent pas moins de 2,975 voitures et 93,927 voyageurs.

Chemin de fer métropolitain de Berlin. Le chemin de fer métropolitain de Berlin, ouvert à la circulation depuis le 7 février 1882, traverse la partie centrale de la ville, de l'Est à l'Ouest, en suivant le cours de la Sprée. Il part de la gare de Frankfurt, à l'Est, pour aboutir à celle de Charlottenburg, après un parcours de 12 kilomètres, en desservant neuf stations dont les unes sont affectées au service purement local et les autres sont en relation avec les lignes extérieures aboutissant aux gares de Berlin.

Ce chemin de fer est établi en viaduc sur presque toute sa longueur, comme le chemin aérien de New-York; toutefois, la construction est en maçonnerie et non pas métallique. On arrive ainsi plus sûrement, en effet, au prix de dépenses plus élevées sans doute, à donner à la voie l'assiette solide qui lui est absolument nécessaire, et à amortir en même temps le bruit et les vibrations. D'autre part, il est plus facile d'utiliser les voûtes et les piliers pour la location ou la vente des terrains recouverts, comme on l'a fait à Paris, par exemple, sous le chemin de fer de Vincennes.

Les voies sont au nombre de quatre, et forment en quelque sorte deux lignes à double voie absolument distinctes, l'une étant affectée au service local et l'autre au service de transit. Le métropolitain est rattaché, en effet, comme nous l'avons dit plus haut, aux différentes gares de la ville, et il reçoit les trains venant de l'extérieur. Par suite, il était indispensable de conserver pour ce service deux voies spéciales afin de n'introduire aucune perturbation dans les trains locaux.

Ceux-ci se succèdent toutes les cinq minutes environ et s'arrêtent à différentes gares qui ne sont pas ouvertes aux trains de transit, l'espacement en a été calculé de manière à ce que chaque train ait atteint la station précédente avant le départ du train suivant. On arrive ainsi à expédier 432 trains par jour sur les voies locales, en dix-huit heures (de 5 h. 30 du matin à 11 h. 30 du soir).

Sur les voies affectées aux trains de transit, la distance maxima des stations est portée à 5 kilomètres, et les trains se succèdent toutes les quinze minutes environ, au nombre de 144 par jour.

Toutes ces voies sont raccordées d'ailleurs aux différentes gares de la ville et au chemin de fer de ceinture déjà existant, ce qui permet d'expédier les trains de ceinture et les trains étrangers, comme nous l'avons dit plus haut, sur le métropolitain. Un certain nombre de trains du service local viennent, en effet, du chemin de fer de ceinture et traversent ainsi la ville diamétralement pour revenir au point de départ en suivant une demi-conférence au Nord ou au Sud, et il en est de même pour certains trains de banlieue. Quant aux trains extérieurs, ils sont décomposés en arrivant à la ceinture suivant la pratique adoptée à Londres, c'est-à-dire qu'une partie du train est seule dirigée vers la gare terminus de la ligne, tandis que l'autre partie est amenée sur le métropolitain par la ceinture. Les voyageurs à long parcours arrivent ainsi sans transbordement jusqu'au centre même de la ville.

Pour éviter les croisements entre les trains des deux services aux deux extrémités du métropolitain, les gares extrêmes sont placées à l'intérieur de la ceinture, et les quatre voies sont groupées de façon à ce que les deux voies Nord soient affectées exclusivement au service local, et les deux voies Sud au service extérieur.

La disposition adoptée à Berlin remplit bien, comme on le voit par cet exposé, le double rôle d'un métropolitain tant au point de vue du service local que pour le transit, et elle forme un exemple d'autant plus intéressant à signaler pour nous que la situation de Berlin à cet égard est assez analogue à celle de Paris, où la ville possède de même plusieurs gares non raccordées entre elles pour le transit des voyageurs, et un chemin de fer de ceinture qui reste trop écarté du véritable centre d'affaires de la ville pour rendre des services réels.

Nous complétons ces renseignements extraits de la *Revue générale des chemins de fer,* et de différents journaux allemands le *Zeitung des Vereins, Deutsche Bauzeitung* et des *Mémoires de la Société des Ingénieurs de Vienne,* en ajoutant quelques détails sur l'établissement de la voie et la disposition du matériel.

Nous avons dit que la voie était supportée par un long viaduc en maçonnerie; celui-ci ne règne pas toutefois sur la longueur totale, car il est remplacé pendant 3 kilomètres, à partir de la gare de Charlottenburg, en face du jardin zoologique, par un remblai plein en terre. Il est interrompu également au-dessus des rues de 25 à 30 mètres de largeur où on a employé des arches en fer. Il conserve une hauteur moyenne de $7^{m},30$ environ avec une largeur du corps de $14^{m},50$, toutefois la plate-forme supérieure est élargie au moyen de consoles en fer et portée à $15^{m},50$. La portée ordinaire des voûtes varie de 8 à 15 mètres. La voie elle-même est entièrement métallique et constituée par des rails reposant sur des longrines en fer disposées suivant le type Haarmann.

Quant au matériel roulant, il comprend 60 machines et 100 voitures. Celles-ci ont leur plancher surbaissé permettant d'accéder au moyen d'un seul marche-pied. Elles sont munies d'appareils de ventilation et éclairées au gaz comprimé obtenu par distillation du goudron de houille.

Les locomotives sont des machines tender chauffées au coke pour éviter toute production de fumée. La vapeur d'échappement ne se dégage plus dans la cheminée, mais elle est dirigée dans un cylindre de condensation spéciale. Les machines

et les voitures sont toutes munies du frein à vide.

La vitesse de marche est fixée à 45 kilomètres à l'heure.

Les trains sont accompagnés par un seul conducteur outre le chauffeur et le mécanicien.

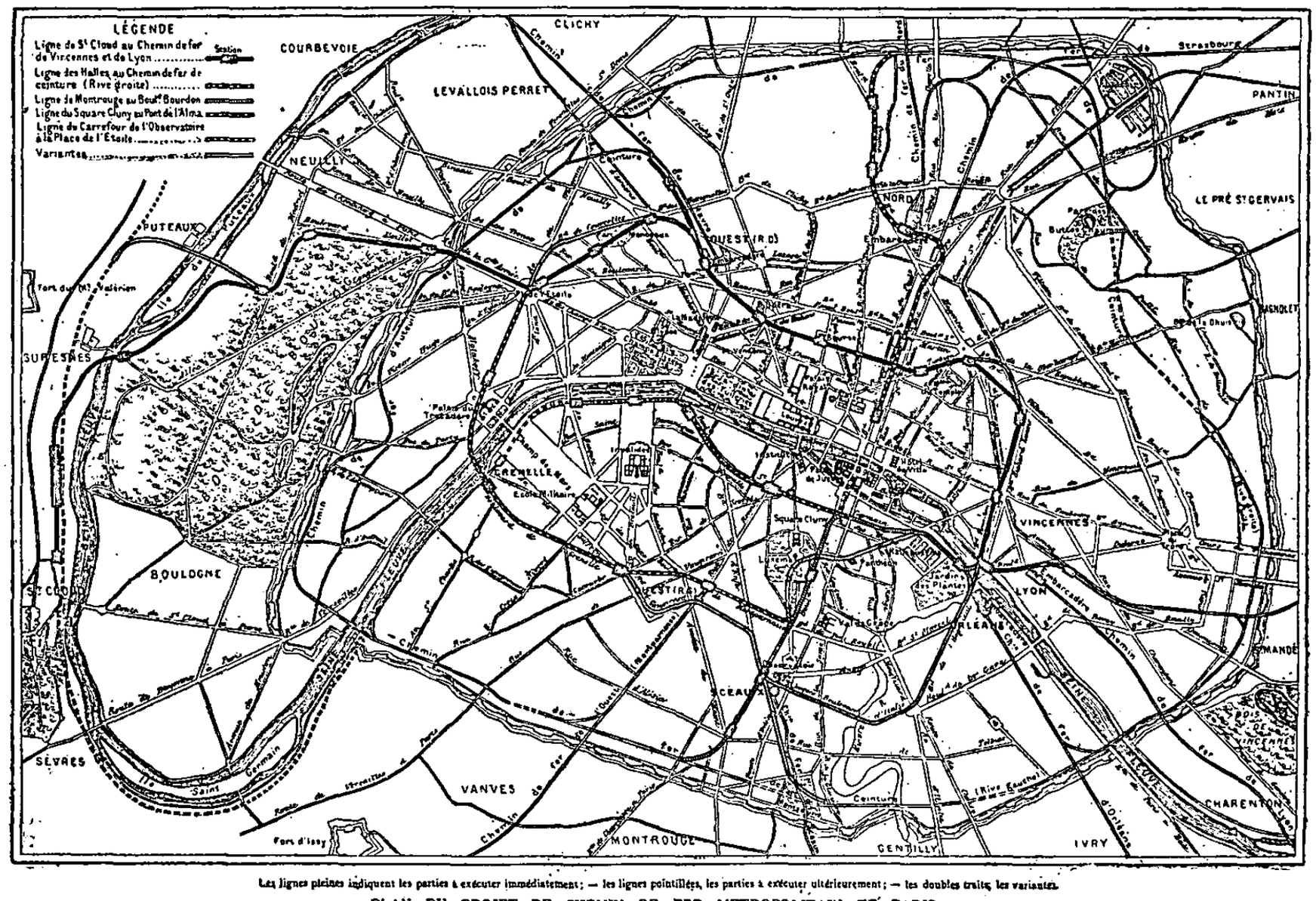
Les dépenses totales de construction du métropolitain de Berlin se sont élevées à 87 millions environ, soit 7 millions et demi par kilomètre.

Cette dépense se décompose de la manière suivante :

Acquisition des terrains, réduite par des ventes de terrains inutilisés, à. .	28.750.000 fr.
Viaduc.	22.750.000
Terrassements.	625.000
Raccordement de l'Est.	6.500.000
Travaux effectués à la gare de l'Ouest et supportés en partie par les lignes qui y sont raccordées.	7.500.000
Superstructure.	2.500.000
Stations	6.250.000
Matériel roulant.	3.125.000

La recette annuelle probable est évaluée à 2 millions un quart pour le transport des voyageurs en admettant un nombre de 6 millions avec un prix moyen par voyageur de 0 fr. 375. On compte d'autre part 250,000 francs pour les marchandises, ce qui ramènera la recette nette à 1 million un quart en évaluant les dépenses d'exploitation à 50 0/0 de la recette brute. On évalue, en outre, à 250,000 francs les recettes provenant des locations sous les voûtes, et on arrive ainsi à un intérêt de 1 3/4 du capital engagé, chiffre qui paraît peu élevé; mais il y a lieu de croire, comme le remarque la *Revue générale des Chemins de fer*, qu'avec l'extension continuelle de la ville, ces chiffres constituent des minima qui seront certainement dépassés.

Chemin de fer métropolitain de Vienne (1882). Ce chemin de fer est actuellement encore à l'état de projet, et nous en dirons quelques mots seulement pour signaler la solution qui paraît devoir être adoptée. La ligne projetée partirait d'une gare centrale, située entre la Bourse et le canal du



Les lignes pleines indiquent les parties à exécuter immédiatement; — les lignes pointillées, les parties à exécuter ultérieurement; — les doubles traits, les variantes.

PLAN DU PROJET DE CHEMIN DE FER METROPOLITAIN DE PARIS

Fig. 165.

Danube, elle borderait l'ancienne ville au N.-E., en longeant le canal du Danube, et suivant la Wien jusqu'à Schlachthaus, puis elle reviendrait à son point de départ en suivant la rue Gurtel, la rue Wœhringer et la rue Nussdorfer. Elle aurait une longueur totale de 13,600 mètres, et serait établie en viaduc sur la plus grande partie et relevée de 20 mètres environ au-dessus du niveau du sol; elle serait supportée par un tablier métallique reposant sur des colonnes en fonte; mais on prendrait d'autre part des dispositions spéciales pour amortir le bruit et les vibrations.

Quant au système de traction, on emploierait des locomotives sans foyer, du type Francq, qui seraient chargées au départ au moyen de chaudières fixes.

Chemin de fer métropolitain de Paris. Le chemin de fer métropolitain de Paris, comme celui de Vienne, est encore actuellement à l'état de projet, et les directions principales paraissent seules définitivement arrêtées. Cette question avait fait d'ailleurs déjà, en 1871, l'objet de nombreuses études qui furent soumises à cette époque par M. le préfet de la Seine à une commission technique

dont les conclusions furent adoptées en 1872 par le Conseil général. Cet avant-projet fut repris en 1881 avec un tracé qui dut être complété en raison de l'extension considérable qu'a prise la circulation dans ces dernières années.

Le nouveau réseau projeté est formé de cinq lignes différentes qui entourent et traversent diamétralement les quartiers centraux de la ville ; deux d'entre elles seraient établies sur la rive droite et trois sur la rive gauche avec deux traversées de la Seine, l'une à la Halle aux Vins, et l'autre en face du Champ de Mars, comme l'indique le plan représenté figure 165. Ces lignes comprennent :

1° Une voie allant de Saint-Cloud aux chemins de fer de Vincennes et de Lyon par Suresnes, Puteaux, le Jardin d'acclimatation, la place de l'Étoile, l'avenue Hoche, la gare de Saint-Lazare ,les rues du Quatre-Septembre, Réaumur et Turbigo, les boulevards Voltaire, Richard Lenoir, Bourdon et Diderot;

2° Une ligne allant des Halles centrales au chemin de fer de ceinture á La Chapelle par le boulevard Sébastopol, les gares de l'Est et du Nord, le boulevard Ornano et la rue Clignancourt;

3° Une ligne partant de Montrouge et allant se relier à la première au boulevard Bourdon par les boulevards de Saint-Michel et Saint-Germain;

4° Une ligne du square de Cluny au pont de l'Alma par le boulevard Saint-Germain et le quai d'Orsay;

5° Une ligne du carrefour de l'Observatoire à la barrière de l'Étoile par la gare Montparnasse et le Trocadéro.

Les voies seraient établies en souterrain sur la plus grande partie de leur parcours, dans des conditions analogues à celles de Londres; toutefois c'est là une décision qui ne paraît pas encore définitivement arrêtée, et il faut prévoir, en effet, que si un viaduc eût été plus gênant et dispendieux, les voyageurs d'un autre côté seront moins nombreux et, par suite, le trafic moins important sur une ligne en souterrain. D'ailleurs, on arriverait aujourd'hui plus facilement à tirer parti sur une voie en viaduc de certains types de machines récentes comme lès locomotives sans foyer ou les machines à air, ou à appliquer même peut-être avec avantage le chemin de fer électrique. On aurait, en effet, un viaduc léger spécialement construit à cet effet, comme le propose M. Chrétien dans un projet des plus intéressants que nous étudions plus bas.

Dans le tracé actuellement admis, les voies devront suivre assez généralement le tracé des grandes artères de la ville avec des courbes d'un rayon minimum de 150 mètres dont l'emploi devra être aussi restreint que possible. La pente maxima sera de 0,020. La voie qui sera raccordée aux grandes lignes aura par suite la largeur normale de $1^{m},445$ entre les bords intérieurs des rails. Les tunnels auront une largeur moyenne entre pieds-droits de $8^{m},50$ qui atteindra 15 mètres aux stations. Le projet propose même d'établir une voûte distincte pour chaque voie en les séparant par un pied-droit d'un mètre de largeur, ce qui augmentera beaucoup la rapidité de la construction. Dans certains cas la voûte du tunnel, dont l'épaisseur à la clef est fixée à $0^{m},60$, sera remplacée par un simple plancher en fer posé à fleur du sol. La hauteur des voûtes est fixée à 5 mètres. La voie sera établie d'une manière particulièrement robuste afin d'éviter des réparations qui seraient difficiles à exécuter en raison de l'importance du trafic; on emploierait à cet effet des rails de 50 kilogrammes reposant sur des traverses en fer de 100 kilogrammes.

Nous ne dirons rien des travaux de déplacements des égouts et des conduites souterraines diverses ; ce sera là cependant un travail assez délicat et dispendieux, mais dont l'étude ne pourra être faite que sur des projets définitivement arrêtés.

D'après les devis, la dépense d'exécution du métropolitain pour les cinq lignes prévues au projet s'éleverait à 150,000,000 de francs pour une longueur de 38,045 mètres, soit environ 4 millions par kilomètre. L'une de ces lignes, celle des Halles Centrales au Chemin de fer de ceinture, par exemple, qui serait établie entièrement en tranchées couvertes et en souterrains sur une longueur totale de 4,770 mètres, absorberait une somme totale de 15,500,000 francs dont 12,879,000 pour l'infrastructure, 1,192,500 pour la superstructure et 1,431,000 francs pour le matériel roulant.

On voit que la dépense kilométrique à Berlin a été beaucoup supérieure à celle qui est prévue à Paris, puisqu'elle atteignait 7 millions et demi au lieu de 4, cependant l'écart des chiffres se trouverait sensiblement réduit si on ne tenait pas compte de frais d'acquisition de terrain à Berlin, 2 millions et demi par kilomètre: on se trouverait ainsi, en effet, ramené à 5 millions. Enfin, il ne faut pas oublier qu'à Berlin le chemin de fer comprend quatre voies tandis qu'à Paris on n'en prévoit encore que deux, et à ce point de vue le métropolitain sera loin de desservir le transit comme à Berlin, puisqu'il n'y aura pas de voie spéciale pour ce service et que les gares ne seront pas directement raccordées entre elles, on ne supprimera donc pas le transbordement. Les trains de Calais à Marseille, par exemple, ne pourront pas encore traverser Paris. Il semble donc qu'on va réaliser ainsi une économie relativement peu élevée, mais au prix d'une partie importante des avantages qu'on peut attendre d'un métropolitain, puisque tous les trains extérieurs et même les trains de banlieue ne pourront pas encore pénétrer pratiquement en tous les points du centre de la ville.

Chemins de fer électriques. Les chemins de fer électriques constituent une application de l'électricité des plus curieuses et toute nouvelle encore ; on l'entrevoyait à peine il y a quelques années seulement, et aujourd'hui cependant on peut dire qu'elle est passée déjà dans la pratique, et elle forme certainement une des meilleures solutions qu'on puisse adopter pour une ligne métropolitaine, car elle présente pour la traction

dans les villes des avantages tout à fait spéciaux. Elle supprime, en effet, le bruit de machine, le dégagement de vapeur et de fumée, elle peut accepter une voie beaucoup plus légère, ce qui permettra d'installer le chemin de fer électrique sur un viaduc construit dans des conditions particulièrement économiques.

La première application des chemins de fer électriques a été réalisée, en 1879, par M. W. Siemens, à Berlin, sur une petite voie en miniature qui circulait dans les jardins de l'Exposition. Les trains étaient composés de trois vagons chargés de six personnes chacun et remorqués par une petite machine électrique mobile avec le train. Nous n'avons pas à étudier ici le principe même du fonctionnement des chemins de fer électriques, qu'il nous suffise de dire que les moteurs employés sont des machines dynamo-électriques à mouvement réversible du type de la machine Gramme (fig. 166 et 167). Elles donnent, comme on sait, naissance à un courant électrique lorsqu'elles sont mises en mouvement sous l'influence d'une cause extérieure, et réciproquement elles entrent en mouvement lorsque le circuit induit est parcouru par un courant. Partant de là, on voit qu'il suffit de transmettre par l'intermédiaire d'un conducteur régnant sur toute la longueur de la voie le courant électrique produit par une première machine fixe jusqu'à une seconde machine mobile attelée en tête du train. La première est actionnée par une machine à vapeur ou même par un moteur quelconque, et le courant ainsi déterminé arrive jusqu'à la machine mobile qui se met en mouvement en entraînant son train avec elle.

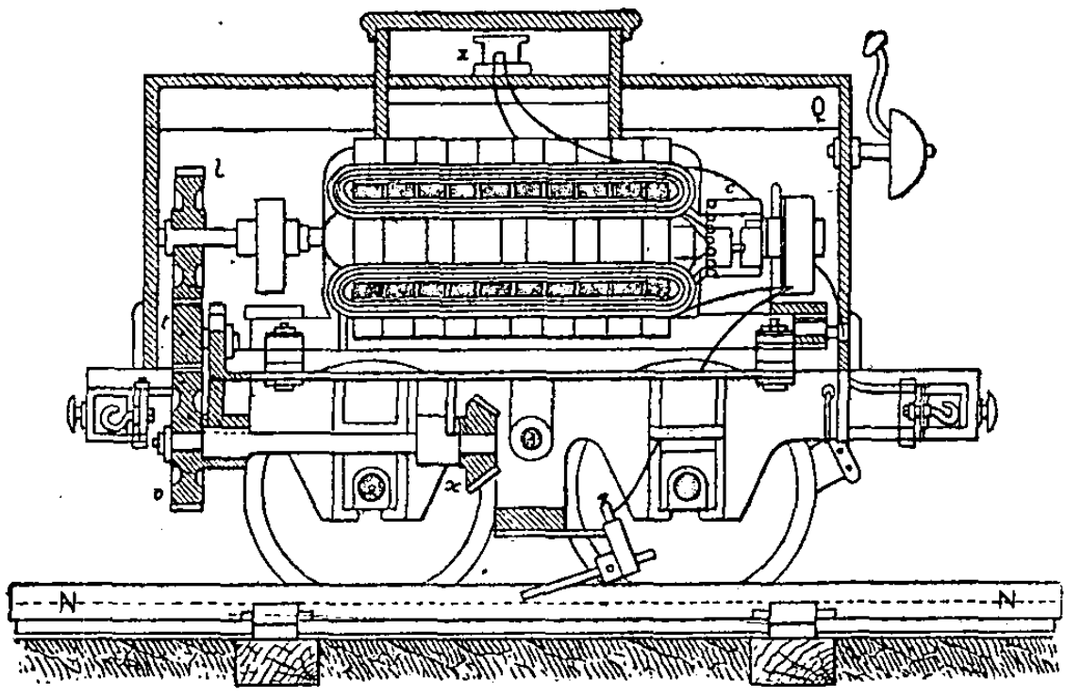


Fig. 166. — *Chemin de fer électrique. Coupe longitudinale de la machine mobile.*

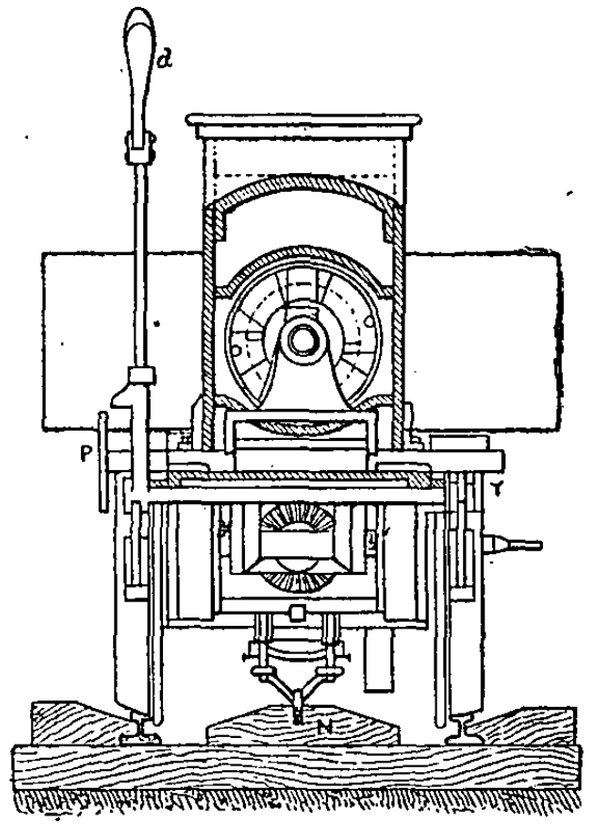


Fig. 167. — *Chemin de fer électrique. Vue de bout de la machine mobile.*

Dans la première expérience de Berlin, le courant était amené sur le remorqueur par l'intermédiaire de balais en fils de cuivre qui frottaient continuellement au contact d'un rail central isolé construit spécialement à cet effet. Ce rail était relevé au milieu de la voie sur des traverses en bois qui le préservaient du contact de la boue, il était rattaché au pôle positif du générateur, tandis que le pôle négatif était rattaché au remorqueur par l'intermédiaire des rails porteurs eux-mêmes.

Nous avons retrouvé l'année suivante, en 1880, le chemin de fer électrique installé dans les mêmes conditions aux expositions de Dusseldorf et de Bruxelles; mais d'ailleurs M. Siemens ne s'en est pas tenu là, et il a réussi à en faire un appareil réellement industriel. Son chemin de fer fonctionne, en effet, sur la ligne réellement créée de Lichterfelde qui va de la gare du chemin de Anhalt à l'Institut des Cadets. D'ailleurs, le chemin de fer Siemens a figuré récemment à Paris, en 1881, où il était installé sur les Champs-Elysées, aux abords de l'Exposition d'électricité, et peut-être le verrons-nous un jour sillonner définitivement les rues de la ville.

A Lichterfelde, comme à Paris, la bobine motrice de la machine électrique mobile était reportée sous le châssis de la voiture elle-même, ce qui a permis de supprimer le véhicule spécial qui la portait. Enfin, on n'a pas eu recours au troisième rail du milieu pour la transmission du courant. A Lichterfelde les rails porteurs eux-mêmes sont isolés tous les deux et servent alors de conducteurs, celui de droite est en relation avec le pôle positif et celui de gauche avec le pôle négatif de la machine fixe.

Ces rails sont alors relevés sur des traverses en bois faisant saillie au-dessus du sol et ne sont nulle part en contact avec la terre. Une pareille disposition exige, comme on le voit, une chaussée toute spéciale et elle entraîne en même temps beaucoup de difficulté pour assurer l'isolement dans les passages à niveau.

Le courant venant des rails est transmis par les roues qui sont isolées électriquement de leurs essieux, et il est recueilli par des balais frotteurs fixés sur le châssis qui l'amènent aux pôles de la bobine. Le mouvement de rotation est transmis aux roues par l'intermédiaire de poulies actionnées par des lames d'acier au lieu de courroies.

La voiture employée à Lichterfelde pouvait contenir vingt voyageurs occupant douze places assises et huit debout, celle de Paris au contraire qui reproduisait complètement le type des tramways-nord possédait une impériale et pouvait contenir cinquante voyageurs.

La machine motrice est installée dans un bâtiment distant de 500 mètres environ de la gare de Lichterfelde, elle est actionnée par une machine à vapeur spéciale et le courant qu'elle produit est amené jusqu'aux rails par des fils isolés.

La voie de Lichterfelde est établie sur une longueur de 2,500 mètres avec un écartement de 1 mètre seulement.

L'installation adoptée à Paris devait constituer plutôt un tramway qu'un chemin de fer électrique, c'est-à-dire que la ligne n'avait plus de chaussée spéciale, et il devenait dès lors impossible de mettre les rails en saillie au-dessus du sol comme on l'avait fait à Lichterfelde. Outre que cette disposition aurait entravé la circulation, elle aurait pu également entraîner des accidents si les rails s'étaient trouvés mis en communication par une circonstance quelconque fortuite, ou intentionnelle. On a dû employer un câble spécial suspendu en l'air et rattaché électriquement à la voiture pour amener le courant; il a même été impossible d'utiliser, comme on l'espérait, les rails eux-mêmes pour le courant en retour, car la boue qui se collait sur les rails et les jantes des roues formait une sorte de croûte isolante qui interceptait toute communication. On n'a pas hésité alors à établir un second câble conducteur parallèle au premier et mis en communication avec l'autre pôle du générateur. Le courant transmis par ces conducteurs est recueilli par des galets mobiles et amené jusqu'à la voiture par des fils métalliques rattachés à ces galets.

Cette communication qui formait l'une des parties la plus originale de cette installation était disposée de la manière suivante : Le conducteur était constitué par un tube en laiton de 22 millimètres de diamètre, fendu longitudinalement à la partie inférieure sur une largeur de 1 centimètre. Dans ce tube glisse un noyau cylindrique de 12 centimètres de longueur sur lequel sont fixées à ses extrémités deux tiges verticales réunies par une barre horizontale à la partie inférieure de manière à former un châssis carré. A l'intérieur, est disposée une roulette à gorge demi-cylindrique constamment sollicitée par un ressort qui vient s'appuyer contre la partie extérieure du tube en laiton.

La poulie avance ainsi en tournant au contact du tube pendant que le noyau glisse à l'intérieur, et on obtient par là un contact continu bien suffisant dans la pratique. Les seules étincelles qu'on observe sont dues à de petits ressauts qui se produisent au point de contact des tubes assemblés pour former le conducteur, et les petites interruptions de courant qu'elles déterminent n'affectent en rien le fonctionnement de l'appareil.

La disposition de la machine motrice sous le châssis de la voiture rappelait complètement d'ailleurs celles de Lichterfelde, et nous n'aurons pas à y revenir, nous dirons seulement que le mouvement était transmis de l'arbre moteur à celui des roues par l'intermédiaire de chaînes de Gall au lieu de courroies en acier. La vitesse de la voiture se règle facilement au moyen de résistances intermédiaires que le conducteur interpose dans le circuit par une simple manœuvre de levier. La voiture s'arrête en interrompant le courant et agissant sur des freins à main. Le travail dépensé était, en courbe, de huit chevaux environ; en palier et en ligne droite, il était de trois chevaux et demi. La longueur de la voie ainsi desservie était de 800 mètres environ.

Les chemins électriques dans la ville. Les chemins de fer électriques présentent, comme nous l'avons dit déjà, des avantages tout à fait précieux comme chemins de fer métropolitains : ils suppriment, en effet, radicalement tous les inconvénients de la vapeur et de la fumée, les dangers d'incendie, ils ne vicient pas l'air dans les souterrains, ils admettent enfin des véhicules beaucoup plus légers, acceptent par là même des voies moins robustes avec des constructions moins dispendieuses. Il y a lieu de penser que les chemins de fer électriques vont être appliqués d'ici à quelques années dans la plupart des villes un peu importantes, et on annonce (*Engineering*, mars 1882) que la ville de Turin projette d'établir, à l'occasion de l'Exposition de 1884, un chemin électrique allant de la place Saint-Charles dans l'enceinte de l'Exposition.

Des projets analogues ont été proposés à Paris également, M. Chrétien a même attaché son nom à une étude des plus intéressantes de chemin de fer aérien desservi par traction électrique. La voie serait reportée sur un viaduc en fer supporté par des colonnes en fonte établies de distance en distance sur des refuges au milieu des boulevards, ce viaduc serait établi d'une manière très légère et ne gênerait aucunement la circulation dans les rues.

Les rails seraient disposés de manière à servir de conducteurs, l'électricité étant fournie par des machines fixes actionnées elles-mêmes par de puissantes machines à vapeur dont le rendement est, comme on sait, beaucoup plus économique que celui d'une locomotive.

Les trains seraient composés d'une voiture unique, comme sur la ligne des Champs-Élysées, ces voitures se succèderaient au bout d'intervalles de temps très courts, d'une minute seulement, de manière à répondre à l'activité de la circulation. Les expériences de M. Siemens ont montré d'ailleurs qu'on pouvait lancer plusieurs voitures à la fois sur la même voie, et prévenir sans difficulté les variations de vitesse en interposant dans le circuit de chacune d'elles des résistances variables. Dans ces conditions, en employant des voitures de cinquante places se succédant toutes les minutes dans les deux sens, on arriverait à transporter le nombre réellement énorme de 6,000 personnes à l'heure ou de 12,000 en tenant compte des renouvellements. D'après M. Chrétien, la vitesse de marche serait de 350 à 400 mètres à la minute, et le trajet de Paris à la Bastille n'exigerait plus que dix-sept à dix-huit minutes environ,

soit la moitié du temps dépensé par les omnibus actuels.

Les gares seraient établies aux carrefours des rues au-dessus des refuges et on y accéderait par des escaliers fixés sur les colonnes de soutien. Ces colonnes pourraient être prolongées, comme le propose M. Chrétien, par des grands phares éclairés le soir à la lumière électrique et qui projetteraient leurs feux dans la direction des rues croisées.

Il est difficile de prévoir à l'avance les conséquences pratiques et financières que pourrait entraîner la mise en application du projet de M. Chrétien, toutefois nous croyons pouvoir affirmer que la question pratique paraît à peu près résolue maintenant et ne pourrait plus entraîner aucune difficulté matérielle; d'autre part, il est certainement, de tous les chemins de fer métropolitains, celui qui exigerait le moins de dépense, et il pourrait être appliqué sur certaines grandes voies de Paris sans nécessiter aucune expropriation. A Berlin, où le métropolitain devait recevoir les trains extérieurs, il était difficile d'adopter un chemin de fer purement électrique, mais cette décision qui tenait aussi d'ailleurs à des considérations particulières, n'aurait pas la même raison à Paris sur une ligne qui ne serait pas rattachée aux grandes voies et qui devrait desservir uniquement le trafic local.

Chemin de fer électrique à accumulateur. Les seuls chemins de fer électriques que nous ayons considérés jusqu'à présent sont desservis au moyen de deux machines Gramme, l'une fixe et l'autre mobile, actionnées elles-mêmes par une machine fixe à vapeur. On a essayé dernièrement de supprimer les machines fixes avec le conducteur posé sur la voie et de les remplacer par des accumulateurs chargés d'électricité emportés avec la machine mobile. Cette application des plus curieuses a été réalisée pour la première fois, par M. Clovis Dupuy, sur une petite ligne installée à Le Breuil en Auge (Calvados), dans la blanchisserie de toile de lin de M. Paul Duchesne Fournet, dont il est le directeur, elle est signalée dans le numéro de la *Nature*, du 6 mars 1882, auquel nous empruntons ces détails. Le chemin de fer a $0^m,80$ de large, il présente un développement total de 2,040 mètres environ avec 500 mètres de voie droite, il est installé dans les prés sur lesquels sont déposés les toiles à sécher après le blanchiment, et il reçoit les vagons dans lesquels celles-ci sont ramassées. La manœuvre est opérée mécaniquement, la locomotive amène sur le terrain le train de vagons vides, puis elle fonctionne alors comme une machine fixe en agissant sur un treuil dont elle est munie pour attirer les bandes de toile, et celles-ci sont rejetées ensuite dans les vagons vides qui composent le train.

Le moteur employé se compose d'une machine Siemens à renversement de marche qui peut donner 120 kilogrammètres. On obtient un ralentissement de vitesse dans le rapport de 1 à 9 au moyen d'une transmission par chaîne de Gall, avec rhéostat de M. Régnier, que le mécanicien peut manœuvrer à volonté à l'aide d'un simple levier. En tirant celui-ci, en effet, il tend plus ou moins la chaîne du rhéostat, et produit ainsi un courant électrique plus ou moins intense, car les anneaux se touchent mieux, ce qui diminue la résistance électrique et augmente ainsi la vitesse.

Les accumulateurs qui fournissent l'électricité nécessaire sont des types Faure construits par M. Régnier; ils sont renfermés dans une sorte de tender, et disposés sur trois étages dans des paniers qui en contiennent chacun six; ils sont au nombre de soixante et pèsent en tout 500 kilogrammes. Le poids de la locomotive est de 935 kilogrammes, celui du tender 700 kilogrammes et celui de chaque vagon chargé de toiles de 800 kilogrammes. Avec les ouvriers et six passagers, le poids total du train est de 6,400 kilogrammes.

Ces accumulateurs sont chargés par le courant de la machine Gramme qui sert à éclairer l'usine au moyen de onze lampes Régnier. Le chargement exige une force de trois chevaux environ pendant une durée de cinq à huit heures.

A la partie supérieure du tender, est un commutateur qui permet de faire travailler successivement les accumulateurs, d'abord au nombre minimum de vingt-quatre, puis en augmentant successivement de six en six jusqu'à soixante, à mesure que la tension s'affaiblit.

La vitesse ordinaire de marche est de 12 kilomètres à l'heure.

C'est là certainement une application des plus intéressantes; toutefois elle est encore trop récente pour qu'il soit possible d'émettre un jugement définitif à cet égard, et il semble que dans les villes surtout, on aura toujours plus d'intérêt à recourir aux machines fixes qui fonctionnent d'une manière plus économique et permettent en même temps de réduire le poids mort dans une si forte proportion.

CHEMIN DE FER SOUS-MARIN.

Dans cette revue rapide des différents types de chemins de fer établis dans des conditions toutes spéciales et particulièrement dignes d'intérêt, il convient de dire quelques mots du chemin de fer sous-marin actuellement en construction sous la Manche et qui est destiné à former un long tunnel de 40 kilomètres de longueur qui laissera loin derrière lui tous les tunnels les plus longs qu'on ait jamais vus. Ce sera là, en effet, si elle s'exécute, une œuvre des plus imposantes et des plus grandioses qu'ait accomplies notre époque, et il convenait d'en parler ici en exposant sommairement l'état actuel des travaux.

La possibilité de l'exécution du tunnel est subordonnée, comme on sait, à la nature géologique du sol du Pas-de-Calais; il faut, en effet, qu'on puisse se maintenir dans une couche bien étanche s'étendant d'une rive à l'autre sans aucune solution de continuité, sans aucune faille en un mot. On avait reconnu depuis longtemps déjà que les roches calcaires qui forment les deux rives du détroit sont bien de même nature, mais il a fallu exécuter néanmoins dans toute la traversée du détroit des sondages aussi rapprochés que possible pour

s'assurer qu'on retrouvait bien partout les mêmes formations sans interruption. Ces recherches préliminaires qui ont été poursuivies pendant plusieurs années par les deux compagnies anglaise et française associées pour l'exécution du tunnel, et sous la direction, du côté français, de MM. Potier et de Lapparent, ont permis de conclure, en effet, que le banc de craie se poursuivait bien sous la mer.

D'autre part, le terrain crétace qu'on rencontre ainsi sur les côtes et au fond des eaux est formé, comme on sait, de couches différentes de craies de nature variable : à la partie supérieure la craie blanche présente de nombreuses fissures qui auraient entraîné des venues d'eau dangereuses; au-dessous on rencontre une craie marneuse aquifère qu'il fallait également rejeter ; vient ensuite l'étage de la craie grise dans lequel il fallait absolument se tenir, car la craie dont il est formé est imperméable à l'eau et inaltérable à l'air, le gault, au contraire, qu'on rencontre au-dessous s'altère rapidement et se gonfle en présence de l'air ; et enfin à l'étage inférieur, les sables verts sont trop aquifères.

Le tunnel sera donc conduit exclusivement dans les couches de craie grise, en se tenant à la base autant que possible, mais sans atteindre le gault, et les travaux d'avancement exécutés jusqu'à présent ont donné, en effet, les résultats les plus satisfaisants, car la roche est tendre et facile à percer, elle est imperméable et n'exige même aucun cuvelage ni aucun boisement pour une section de galerie circulaire.

Comme direction générale, le tunnel présentera la forme d'un dos d'âne dont la partie supérieure se trouvera placée au milieu même du détroit à une profondeur de 46 mètres au-dessous du fond de la mer, et de 100 mètres au-dessous du niveau des eaux. Les galeries présenteront de chaque côté une pente suffisante pour assurer l'écoulement des eaux; elles se poursuivent à grande section jusqu'à une distance du milieu égale à 13 kilomètres environ, où elles atteindront leur point le plus bas à 80 mètres de profondeur environ, puis elles se relèveront par des voies en pente de 11 kilomètres de longueur qui iront déboucher à la surface à 6 kilomètres environ des côtes. Quant aux eaux, elles seront recueillies dans des galeries de petite section de $4^{k},5$ de longueur environ établies en prolongement des grandes galeries du milieu et elles arriveront ainsi à la profondeur de 90 mètres au fond des deux puits d'aspiration établis sur la côte. On voit par là que la circulation des eaux s'opèrera dans la partie souterraine sous la seule action de la gravité en raison de la pente ménagée à dessein dans les galeries, et qu'il suffira des deux puits extrêmes pour les ramener au jour. Quant aux galeries à grande section destinées au parcours des voyageurs, elles occuperont une longueur de 24 kilomètres depuis la côte jusqu'au milieu du détroit où se trouve le point culminant, soit 11 kilomètres en pente à partir de la terre ferme pour descendre à une profondeur de 80 mètres environ sous la mer, puis 13 kilomètres en remontant pour atteindre le milieu. La longueur totale de la partie souterraine traversée par les voyageurs sera donc de 48 kilomètres, et si on tient compte des galeries accessoires d'écoulement, on trouvera une longueur souterraine totale de 57 kilomètres. Toutefois, pour les travaux de percement, il suffira de compter sur 34 kilomètres seulement, puisque la partie du souterrain qui est en dehors de la mer pourra être attaquée par des fronts de taille distincts. Si on suppose que l'avancement puisse atteindre 25 mètres par jour avec la machine du colonel Beaumont, on voit qu'on pourrait percer 8 kilomètres environ par an à chaque front de taille.

Nous devons dire ici quelques mots des procédés employés pour creuser cette galerie sous-marine de 35 kilomètres de longueur, toutefois les renseignements que nous allons donner sont forcément incomplets, car à l'heure actuelle (juin 1882) on n'a encore creusé que des galeries de recherche à petite section ; et si on est à peu près fixé sur la nature des machines et des moteurs qu'il convient d'employer, on n'a pas encore pu néanmoins les voir à l'œuvre, et il est impossible de prévoir les modifications que la pratique leur fera subir. Enfin, le gouvernement anglais, obéissant à la pression de l'opinion, mue elle-même par un sentiment de défiance, qui serait inexplicable s'il n'était pas entretenu par des rivalités d'intérêts privés, vient de décider l'interruption momentanée des travaux, de sorte qu'il est difficile d'indiquer maintenant ce qui pourra être fait dans l'avenir. Actuellement le côté militaire domine la question, et la défiance du public anglais est entretenue par des récits d'invasion fantaisistes, imitées de la *Bataille de Dorking*, mais le bon sens et le temps auront raison de ces craintes chimériques, comme ils ont eu raison de l'opposition faite par des esprits éminents, M. Thiers et lord Palmerston, aux deux plus grandes créations de ce siècle : les chemins de fer et le canal de Suez. Du reste, les travaux exécutés jusqu'à présent sur le côté anglais sous la direction de Sir Edward Watkin, président de la *submarine continental Railway Company* en même temps que de la ligne *South Eastern Railway*, n'ont encore qu'un caractère essentiellement provisoire, la galerie d'avancement est poussée plus loin que du côté français ; mais aucun des engins pouvant servir au percement de la grande galerie définitive n'est encore installé.

Travaux du côté anglais. Le premier puits d'extraction est creusé à 50 mètres de distance de la voie ferrée du *South Eastern Railway*, il a une profondeur de 50 mètres et il traverse toute la couche de craie blanche et de craie marneuse pour aboutir à la craie grise. Il est circulaire avec 4 mètres de diamètre, et il est entouré de deux enveloppes concentriques en planches espacées d'environ $0^{m},20$ et soutenues par des armatures en bois ; d'ailleurs il se produit très peu de suintements sur les parois, même dans la traversée de la craie blanche.

Ce puits sert à l'extraction des déblais retirés des galeries il est muni à cet effet d'une cage en fer non guidée qui remonte les bennes pleines. Celles-ci sont déchargées au jour sur de petits

vagonnets qu'on vide ensuite à la mer à quelque distance de la rive. La machine d'extraction est constituée par une ancienne locomotive actionnant un tambour sur lequel s'enroule un câble en fil d'acier.

Comme dans les travaux du Mont-Cenis et du St-Gothard, l'air comprimé est l'intermédiaire tout indiqué auquel on a dû avoir recours pour actionner au fond de la galerie les machines perforatrices. Sur le côté anglais dont nous nous occupons actuellement, l'air est comprimé à la surface simplement au moyen de deux machines soufflantes à piston d'un type ordinaire, dont les cylindres sont plongés dans un bassin d'eau sans cesse renouvelée pour empêcher l'échauffement. La pression admise est seulement de deux atmosphères.

L'air sortant des réservoirs est amené jusqu'à la machine perforatrice au fond de la galerie à une distance qui est actuellement de 2 kilomètres par un tube de 10 centimètres de diamètre ; mais il en résulte une déperdition de pression assez sensible de 1/2 atmosphère environ, et on songe actuellement à augmenter le diamètre des tuyaux pour aller jusqu'à $0^m,25$ et même à $0^m,33$.

La perforatrice employée exclusivement du côté anglais est la machine du colonel Beaumont qui opère, comme on sait, par rodage du front de taille. Elle agit à la fois sur toute la section de la galerie d'un diamètre de $2^m,14$, et comme le terrain crayeux qu'il s'agit d'abattre est relativement meuble, elle opère en traçant, au moyen de dents distribuées à des distances inégales de l'axe horizontal de rotation, autant de rainures circulaires concentriques qui ne laissent plus dans le front de taille que des saillies qui se détachent d'elles-mêmes en petits éclats. Le châssis mobile comprend une pièce en forme de T sur les branches de laquelle sont fixées les dents au nombre de 14 dont nous avons parlé plus haut.

La galerie est poussée actuellement, comme nous l'avons dit, à une distance de 2 kilomètres environ, avec un diamètre de $2^m,14$. La roche qu'on a rencontrée jusque-là présente une composition bien uniforme, elle est dure, compacte et parfaitement inaltérable à l'air, au point que les stries tracées par la machine perforatrice restent encore visibles sur les parois. Le terrain est complètement sec et on n'emploie aucun soutènement. En certains points seulement, on a disposé quelques anneaux de cuvelage formés de pièces de fonte assemblées par des boulons, mais c'est d'une manière tout à fait exceptionnelle pour prévenir les venues d'eau éventuelles ou les chutes de pierres dans les points où le terrain était fissuré ou légèrement humide. Ces anneaux sont d'ailleurs presque toujours isolés, en un point seulement on en a disposé deux accolés pour préserver la galerie sur une longueur d'un mètre et demi environ.

Tous les cinquante mètres on a élargi la section à la main pour creuser de petites chambres servant au démontage des machines, et ces chambres, de forme un peu irrégulière, sont seules munies d'un soutènement.

Le tunnel est creusé à la base de la craie de Rouen, non loin du gault, mais en laissant cependant une épaisseur suffisante pour empêcher le contact de l'air et prévenir tout boursoufflement du gault.

La pente de la galerie est de un quatre-vingtième comme celle de la couche. Elle se continue jusqu'à 3 kilomètres pour prendre ensuite la valeur de 1/200 jusqu'à 8 kilomètres de la côte où le tunnel doit atteindre sa plus grande profondeur. Le fond de la section de la galerie est rempli de déblais tassés sur une épaisseur de $0^m,30$ afin de permettre d'installer une double voie ferrée servant au transport des vagonnets pleins et vides.

Travaux du côté français. Les travaux d'avancement proprement dits sont à peine commencés, mais l'installation des divers moteurs et machines à employer est déjà définitive en quelque sorte, tandis que du côté anglais rien n'est encore prêt pour un travail aussi important.

La Compagnie française s'est installée à 1,500 mètres à l'ouest du village de Sangatte, à 10 kilomètres environ de Calais et elle a creusé déjà trois puits qui vont rejoindre la couche de craie grise à une profondeur de 90 mètres environ.

A la surface, on installe actuellement une machine d'extraction, une machine d'épuisement ainsi que de puissants compresseurs à air. La vapeur est fournie par trois générateurs comprenant chacun un tube cylindrique de 10 mètres de longueur sur $1^m,40$ de diamètre avec deux bouilleurs ; le foyer a $1^m,60$ de long sur 2 mètres de large.

L'eau d'alimentation est aspirée dans un puits spécial creusé dans la craie à 40 mètres environ de profondeur ; elle sera extraite par six pompes qui pourront envoyer jusqu'à 1,000 litres d'eau à la minute dans deux grands réservoirs en tôle d'une contenance de 8,000 litres chacun. La machine actionnant les compresseurs peut donner jusqu'à 200 chevaux de force. Le piston moteur a $0^m,57$ de diamètre et $1^m,20$ de course. Les compresseurs qui forment la partie la plus intéressante de cette installation sont au nombre de quatre et répartis par groupes de deux ; ils sont actionnés par le même arbre et travaillent en sens contraire pour régulariser le mouvement. Le diamètre du piston est de $0^m,42$ et la course de $0^m,75$. Ils peuvent travailler jusqu'à une pression maxima de 9 atmosphères.

On a renoncé dans l'établissement de ces appareils et sur l'instigation de M. Colladon, à la circulation d'eau intérieure dans les pistons dont on avait reconnu les inconvénients au St-Gothard, on a refroidi l'air au moyen de six injecteurs qui projettent l'eau en pluie dans l'intérieur des cylindres. Ces appareils sont disposés au nombre de 3 à chaque extrémité des cylindres, et ils sont formés de petits tubes de 1/2 millimètre de diamètre lançant des jets d'eau excessivement minces qui sont dirigés sous un angle de 45° et sous une pression de 5 atmosphères de manière à venir se heurter avec violence ; ils produisent ainsi une sorte de poudre impalpable qui multiplie les points de contact avec les molécules d'air. Cette disposition nouvelle paraît appelée à donner d'excellents résultats, toutefois il convient d'attendre à ce sujet la sanction de la pratique. Avant de se rendre au réservoir d'où il est dirigé sur les perforatrices,

l'air traverse un sécheur où il se débarrasse de la majeure partie de l'eau ainsi entraînée. Cet appareil se compose d'un cylindre à double enveloppe renfermant de nombreuses chicanes ménagées à dessein sur le passage de l'air.

Nous dirons maintenant quelques mots sur les travaux souterrains bien qu'ils soient encore fort peu avancés. Le puits N° 1 dont la profondeur est de 90 mètres sert actuellement à l'épuisement; l'eau aspirée dont le volume est de 250 litres environ par minute est rejetée directement à la mer à 3 mètres au-dessus du niveau de celle-ci. Le puits N° 2 sert à l'extraction des déblais et à la descente des ouvriers ; il a également 90 mètres de profondeur, et il est cuvelé comme le puits N° 1 dans le passage des terrains aquifères. Pendant le percement, la venue d'eau a atteint jusqu'à 7,000 litres à la minute. Ces deux puits sont réunis par une galerie de niveau.

Les galeries d'avancement partant du côté français sont au nombre de deux, elles marchent parallèlement dans la direction du tunnel à percer, et elles sont réunies de distance en distance par des plans inclinés et des galeries qui assurent l'aérage et faciliteraient la sortie des ouvriers dans le cas d'une inondation. La distance verticale de ces deux galeries est de 13 mètres, et la distance horizontale est de 25. Elles sont creusées actuellement à la poudre, avec une section carrée de $2^m,50$ de côté, mais plus tard elles seront percées à la machine, comme du côté anglais, elles auront alors une section circulaire de $2^m,14$ environ de côté, et on pourra probablement supprimer tout soutènement, comme on le fait du côté anglais. Chaque galerie aura d'ailleurs sa machine spéciale, l'une la perforatrice Beaumont et l'autre celle de Brunon. Les perfectionnements apportés à la construction de ces machines pour augmenter la vitesse des couteaux en même temps que la pression de l'air, permettent d'ailleurs d'espérer qu'elle assurera un avancement beaucoup plus important que du côté anglais, et dépassant un mètre à l'heure (25 mètres par jour).

Les galeries sont avancées actuellement à 150 mètres environ ; elles sont percées dans la craie grise qui paraît toujours bien étanche, tout en présentant cependant de nombreuses fissures qu'on ne remarquait pas du côté anglais, mais il n'en est pas encore résulté toutefois de venue d'eau assez importante pour gêner trop les travaux (1). — B.

CHEMINS RURAUX ET INDUSTRIELS.

Chemins de fer à voie étroite. Depuis que le développement des chemins de fer d'intérêt local tend à devenir considérable et que tous les chefs-lieux de canton demandent une voie ferrée, l'idée d'appliquer à ces chemins, dont le produit sera toujours relativement faible, un système de construction et d'exploitation très économique, fait de rapides progrès. L'économie capitale est la réduction de la largeur de la voie, proposée en principe depuis de longues années, pour les cas où la dépense d'établissement d'une ligne à voie normale serait hors de proportion avec le trafic à espérer, par Flachat, par Mony, par Clapeyron, mais qui, dans l'application, a rencontré jusqu'à ce jour des résistances presque insurmontables. On a peine à croire que cette idée si simple de la proportionnalité de l'instrument au service qu'il est appelé à rendre se soit fait si difficilement accepter; il n'a fallu rien moins cependant que les déconfitures successives de la presque totalité des petites Compagnies françaises pour faire comprendre aux intéressés, notamment aux départements, qu'il est impossible de faire vivre un chemin de fer, construit suivant le type des grandes lignes, avec un trafic purement local, et que, quand on a peu de recettes à espérer, il faut accepter fatalement cette alternative: pas de chemin de fer, ou un chemin de fer à très bon marché.

Les plus ardents promoteurs de la voie réduite reconnaissent d'ailleurs que la tendance à l'unité dans le type de nos chemins de fer est bonne en soi, et ils ne conseillent de s'en écarter que lorsqu'on est en présence de la plus péremptoire des impossibilités, l'impossibilité financière. Mais ils ont démontré par leurs travaux que l'économie est des plus sérieuses, et qu'un département qui serait condamné à se refuser toujours un chemin de fer à voie de $1^m,50$ pourra très souvent suffire à la construction d'une ligne à voie de 1 mètre ou de $0^m,75$.

La réduction de la largeur de la voie entraîne une réduction proportionnelle de la dépense de premier établissement qui se répartit sur tous les chapitres sans exception: terrains, terrassements, ouvrages d'art, traverses, rails, matériel roulant. Pour la ligne d'Anvin à Calais, actuellement en construction et dont une partie est livrée à l'exploitation, M. Emile Level a fait, sur le terrain, l'étude comparative des deux systèmes ; l'économie totale du tracé à voie de 1 mètre ressort à 37,93 0/0; le prix du kilomètre de la voie ordinaire, estimé à 106.085 francs est réduit à 65,834 francs, et l'économie réalisée est de 3,585,000 francs pour la ligne entière qui a une longueur de 95 kilomètres.

Pour toutes les lignes à voie étroite établies en France, Hermes à Beaumont, chemins de fer de la Meuse, Marlieux à Châtillon, les chiffres sont à peu de chose près analogues, et en fixant le rapport entre les deux systèmes comme de 65 à 105, on est dans la vérité moyenne, abstraction faite des terrains particulièrement favorables ou des difficultés de profil exceptionnelles.

Dans ce dernier cas, les avantages de la voie réduite sont beaucoup plus considérables. Avec un écartement de 1 mètre entre rails, les rampes de $0^m,03$, les courbes de 100 mètres sont très abordables ; la voie devient flexible, elle s'adapte au relief du sol ; les grands viaducs, les tunnels sont supprimés, et le rapport avec la voie large n'est plus comme de 65 à 105, mais comme de 100 à 300, et même 400.

A ces avantages aujourd'hui démontrés par l'expérience, et auxquels il ne faut pas oublier

(1) Au moment où nous mettons sous presse, la question semble définitivement ajournée. Le duc de Cambridge et le général Wolseley, dans deux rapports désormais célèbres, viennent de déclarer que ce tunnel serait fatal à l'Angleterre. Nous sommes en France si imprévoyants que nous avions cru ce tuyau inoffensif au point de vue d'une invasion anglaise. *N. d. l. r.*

d'ajouter l'avantage correspondant d'une économie dans l'exploitation, qui s'explique d'elle-même avec un matériel roulant plus maniable et une voie plus légère, le préjugé a longtemps opposé deux inconvénients grossis à plaisir et dont aucun ne supporte l'examen.

1° *Insuffisance possible de la capacité de transport.* On ne s'en inquiètera plus quand on saura qu'en 1878, il existait en Amérique 1,800 kilomètres de chemins à voie étroite, 1,700 aux Indes orientales ; que la totalité du réseau norwégien et la presque totalité du réseau suédois sont construits à 1m,06 d'écartement ; que le chemin du Festiniog, dans le pays de Galles, dont la largeur est de 0m,61, transporte annuellement 100,000 voyageurs et 136,000 tonnes de marchandises et fait 27,000 francs de recettes ; que le chemin d'Anvers à Gand transporte 50,000 tonnes et 560,000 voyageurs avec une voie de 1m,15.

2° *Nécessité du transbordement*, qui neutraliserait les économies de construction par un surcroît équivalent de dépenses pendant l'exploitation, sans parler des retards qu'il occasionnerait. On oublie que, pour toutes les marchandises, sauf celles en vrac, comme la houille ou les vagons complets, le transbordement est de règle aujourd'hui aux gares communes quelle que soit la largeur respective des voies, sans quoi le matériel des petites Compagnies serait exposé à des migrations indéfinies ; que, sur une ligne de 20 kilomètres, les frais de transbordement s'élèvent approximativement à 7 0/0 du prix du transport total, sur une ligne de 50 kilomètres à 4 0/0, sur une ligne de 100 kilomètres, à moins de 2 0/0, ce qui est réellement insignifiant ; qu'enfin le transbordement, dans une gare convenablement outillée, est une opération des plus simples, et qu'un vagon de 4 à 5 tonnes, demande cinq heures à peine, alors que tout transit donne aux Compagnies le bénéfice d'un délai de 24 heures.

Aucune de ces objections n'est sérieuse, et il est permis de dire qu'aujourd'hui, en 1882, il n'y a plus qu'un obstacle au développement des voies ferrées économiques : c'est le désir très excusable des populations d'avoir toute leur part dans la fastueuse distribution de grandes lignes faite par les lois de classements des chemins d'intérêt général. Mais cet obstacle disparaîtra à son tour. Dans l'exécution du grand programme de travaux publics que l'Etat s'est imposé, il sera amené à appliquer le principe de l'équilibre entre l'instrument et sa destination ; d'abord, parce que ce principe est juste en lui-même : « La nature, dit fort justement à ce sujet un des ingénieurs qui ont le plus fait pour la propagation de l'idée des chemins de fer économiques en France, la nature nous offre à ce point de vue de nombreux exemples, soit que l'on considère le régime des cours d'eau, dont les affluents ont d'autant moins d'importance qu'ils s'écartent des fleuves, soit que l'on étudie la manière dont elle procède dans la formation du plus simple des végétaux, dont les branches diminuent de force et de grosseur et sont d'autant plus ténues qu'elles s'éloignent du tronc ; partout on voit les artères et les organes du mouvement et de la vie en harmonie avec le rôle qu'ils jouent dans l'ensemble de la création ». Et si d'aventure cette harmonie naturelle ne s'établissait pas par principe elle s'établirait par nécessité, parce que le budget, si élastique qu'il soit, n'est pas, quoi qu'on dise, d'une capacité indéfinie. — L.

Chemins de fer sur routes. Cette catégorie de chemins est établie sur le domaine public, sur les accotements et trottoirs des routes et chemins ; on supprime ainsi les dépenses de terrassements et d'ouvrages d'art et les acquisitions de terrains sont nulles ou insignifiantes. Les voies sont plus étroites, les rails moins pesants, le matériel fixe et roulant est construit dans des conditions de solidité et de bon marché qui permettent de ne point dépasser 60,000 francs pour le prix du kilomètre, matériel compris, tandis que le kilomètre du chemin d'intérêt local coûte environ 150,000 francs.

Ces petits chemins, mis en communication avec les grandes lignes, rendront de grands services à l'industrie rurale par le développement d'un trafic économique.

Chemins de fer portatifs. Les chemins de fer portatifs sont appelés à rendre de grands services dans les exploitations agricoles et industrielles, pour ces transports à petite distance qui sont souvent si dispendieux cependant à raison des difficultés que présentent parfois les terrains cultivés pour le passage des voitures. L'emploi d'un petit chemin de fer réalise donc là une économie considérable en réduisant l'effort de traction dans une mesure énorme, puisqu'un cheval peut traîner dès lors une charge huit ou dix fois supérieure à celle qu'il aurait remorqué autrement. Une pareille voie établie à travers un champ ou une forêt à exploiter doit suivre en quelque sorte le travail, et se déplacer à chaque instant suivant les besoins. Il faut qu'elle soit composée de tronçons assez légers ponr qu'un homme puisse les emporter facilement à la main, et que toutes les pièces en soient cependant bien robustes et solidement attachées entre elles de manière à ce qu'aucune d'elles ne puisse se perdre en service. Il est utile enfin que le montage de ces différents tronçons puisse s'opérer facilement, qu'ils s'emboîtent en un mot les uns dans les autres et en exigeant le moins de pièces mobiles, comme boulons, chevilles ou écrous.

On voit par là qu'une pareille voie, tout en étant en quelque sorte la miniature des grandes voies ferrées, doit présenter néanmoins certaines modifications résultant des conditions particulières, où elle est placée. Nous citerons, par exemple, les dispositions adoptées à cet effet par M. Decauville qui a attaché son nom à la construction des lignes portatives, dispositions qui forment pour ainsi dire des types dont différent peu, d'ailleurs, ceux des autres constructeurs. Les rails sont du type Vignole avec patin très élargi qui leur assure un point d'appui bien solide sur les traverses (fig. 168) ; celles-ci sont formées par des barres en fer plat, de longueur égale à l'écartement de la voie, rivées à demeure sur le patin et espacées ordinairement de

mètre en mètre, elles forment ainsi avec les rails un assemblage robuste et invariable. Cette voie peut être posée directement sur le sol dans la plupart des cas, et elle permet ainsi de traverser beaucoup

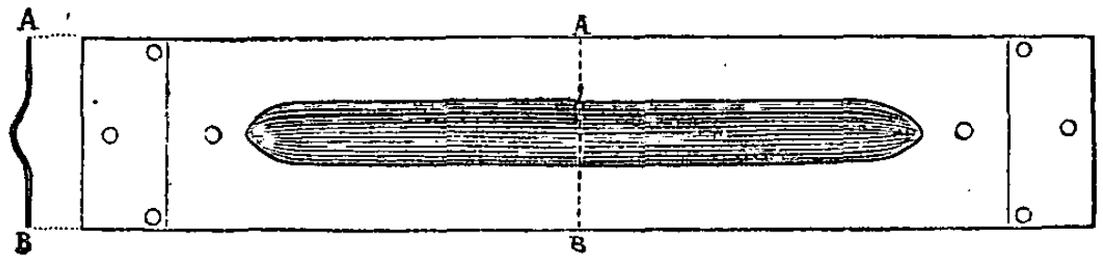


Fig. 168. — *Vue de la traverse Decauville.*

de terrains meubles où les voitures et les chevaux ne pourraient guère avancer. Si le sol est trop

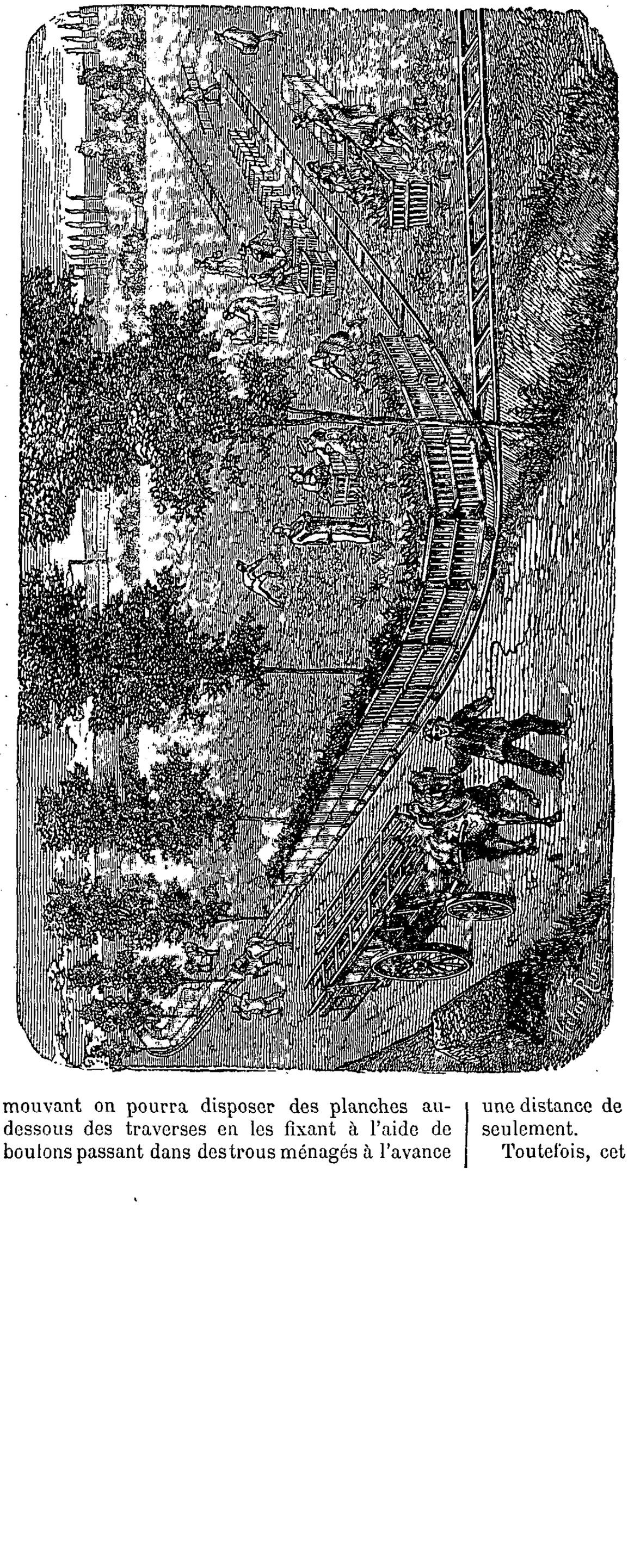


Fig. 169. — *Transport d'un train chargé sur un chemin de fer portatif.*

mouvant on pourra disposer des planches au-dessous des traverses en les fixant à l'aide de boulons passant dans des trous ménagés à l'avance sur celles-ci. Si la voie doit rester fixe pendant un certain temps, on peut employer au lieu de planches de véritables traverses en bois, il suffit d'ailleurs souvent de creuser un petit fossé de quelques centimètres de profondeur pour trouver un point d'appui solide. On remplit ensuite, au besoin, après avoir posé la voie, avec de la terre pilonnée pour affermir le terrain.

Chaque tronçon de chemin de fer portatif assemblé d'une seule pièce, rails et traverses, comme il vient d'être dit, peut être manié facilement et mis en place par un homme de taille moyenne, car le poids n'en dépasse jamais 50 kilogrammes.

L'assemblage des tronçons successifs s'opère sans exiger aucune pièce mobile dans les conditions suivantes :

L'un des deux bouts de rails à réunir qui prend le nom de bout mâle porte en effet des éclisses rivées d'un seul côté de l'âme, et il suffit de pousser ce bout mâle sous le champignon du rail déjà posé ou bout femelle de manière à les enchevêtrer pour obtenir une jonction solide qui ne se sépare plus même en soulevant les rails. On obtient ainsi un assemblage immédiat permettant de déplacer la voie sans difficulté.

Pour un débardage de betteraves, par exemple, opération qui exige les déplacements les plus fréquents, quatre hommes peuvent arriver à changer 400 mètres de voie et à les replacer à une distance de 30 mètres en une heure et demie seulement.

Toutefois, cet assemblage serait insuffisant si

la voie devait être établie à demeure pendant quelque temps. On emploierait alors, en outre, des éclisses mobiles maintenues par des boulons passés dans des trous ménagés sur les rails. Pour une voie qui serait desservie par une petite locomotive, il conviendrait même d'imiter complètement les dispositions des grandes voies ferrées.

On modifie, d'ailleurs, le type et les dimensions de la voie suivant la destination qu'elle doit remplir. Les voies destinées au transport des matières agricoles, par exemple, qui n'ont à supporter que des charges assez faibles et doivent subir d'autre part des déplacements fréquents, sont établies avec des rails de 4k,500 sur une largeur de 0m,40 seulement et avec une longueur de travée de 5 mètres.

Le même constructeur prépare également d'autres types de voies plus stables qui sont appropriées ainsi au transport des matières plus lourdes et doivent être d'ailleurs démolies plus rarement. Le type de 0m,50 de largeur est formé de rails de 7 kilogrammes et il est coupé par tronçons de 2m,50, et celui de 0m,60 a des rails de 9k,500 coupés par tronçons de 1m,25.

L'usine de Petit-Bourg fabrique d'autre part des tronçons de voie recourbés avec des rayons de 8, 6, 4 et même 2 mètres au besoin pour assurer le passage des chemins de fer dans les courbes. Avec la voie de 0m,40 de large, les rayons de 8 mètres sont encore suffisants pour la traction par cheval, ceux de 6 mètres exigent déjà la traction par bras d'homme, on n'emploie guère d'ailleurs ceux de 4 et de 2 mètres que dans des circonstances exceptionnelles. Ces tronçons de voie courbe sont munis à leurs extrémités d'éclisses rivées grâce auxquelles ils sont posés absolument dans les mêmes conditions que les tronçons de voie droite. Comme il pourrait arriver cependant que les éclisses extrêmes de la voie droite ne pussent pas s'adapter sur celles du tronçon recourbé, on interpose alors pour cette jonction particulière un petit bout de voie, de 0m,25 de longueur, dit *passe-partout*, dans lequel les positions des éclisses sont interposées.

Le même constructeur prépare aussi d'ailleurs

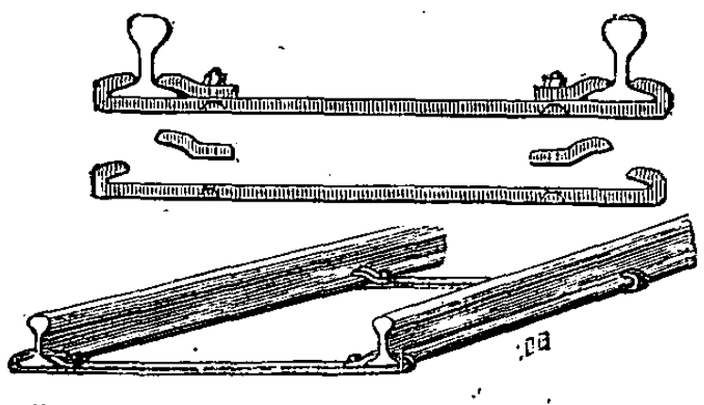


Fig. 170. — *Vue de l'installation de la voie. Rails et traverses, système Paupier*

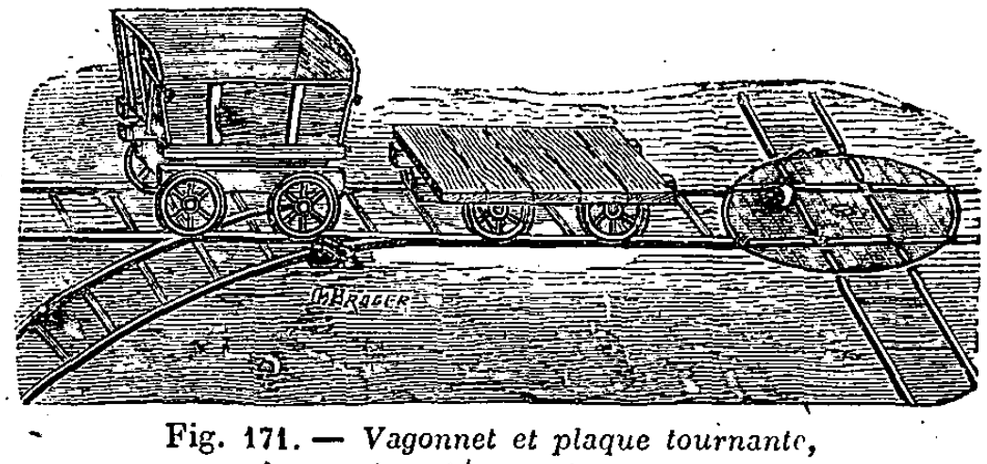


Fig. 171. — *Vagonnet et plaque tournante, du même système.*

pour les chemins militaires qui exigent plus de stabilité, des tronçons de voie, dits *hybrides*, dont chaque bout est à la fois mâle et femelle, c'est-à-dire que le rail de droite est muni d'une jonction mâle formée par deux éclisses rivées, tandis que le rail de gauche est muni d'une jonction femelle formée par un bout de fer plat rivé sous le rail et qui le dépasse de 2 ou 3 centimètres. La pose de la voie devient alors un peu plus difficile car il faut deux hommes à chaque jonction ; mais, d'autre part, la voie ainsi constituée présente beaucoup plus de solidité que les lignes portatives ordinaires, et elle admet enfin des courbes déviées dans un sens quelconque, sans exiger de passe-partout.

Le matériel de la voie est complété dans cette installation, par des croisements robustes assemblés également tout d'une pièce et faciles à manœuvrer. Des plaques tournantes spéciales de dimension adaptées à la largeur des voies (de 0m,70 de diamètre pour une voie de 0m,400) permettent de diriger les vagonnets sur les différentes voies suivant le besoin.

Certains constructeurs de chemins de fer portatifs ont adopté des dispositions légèrement différentes de celles que nous venons d'indiquer : on en trouvera ainsi un exemple sur les figures 169, 170 et 171, qui représentent l'installation et l'ensemble de la voie, système Paupier, avec les rails et les traverses. Ce genre de traverse est formé, comme l'indique la figure 170, d'une simple bande en fer plat recourbée en crochet à ses deux extrémités de manière à embrasser comme un coussinet le côté extérieur du patin des rails. Ceux-ci sont maintenus en outre par des bandes fixées sur les traverses à l'aide de boulons. Nous reproduisons également un vagonnet avec une plaque tournante du même constructeur. On voit qu'on a là une voie établie d'une manière robuste, mais qui présente seulement l'inconvénient d'exiger quelques pièces mobiles. Pour les transports à grande distance, et pour l'application dans des pays où les réparations sont difficiles, il paraît préférable d'adopter un type de voie moins solide peut-être mais qui soit, en quelque sorte, installé tout d'une pièce.

Nous ne donnerons pas ici la description de toutes les pièces du matériel fixe ou roulant des chemins de fer portatifs, elles reproduisent toujours, dans une certaine mesure, pour les vagons surtout, les types adoptés sur les grandes voies ferrées. Disons seulement que le porteur permet de supprimer en quelque sorte les ponts pour franchir les travées de peu d'ouverture, et c'est là un avantage des plus précieux pour les exploitations agricoles et même pour les opérations militaires en campagne, puisqu'on arrive ainsi à

franchir sans trop de difficulté les petits obstacles naturels, comme les fossés par exemple, qui autrement pourraient arrêter complètement un train ordinaire attelé de chevaux.

M. Decauville cite, à cette occasion, une tranchée de 18 mètres d'ouverture au sommet et de 10 mètres de hauteur établie dans les carrières de Petit-Bourg; on a pu la traverser en y jetant un simple sapin de 20 mètres de longueur et 0m,25 d'équarrissage, on a cloué ensuite en travers des voliges de 0m80 de longueur sur laquelle on a fixé le porteur au moyen de tire-fonds placés dans les traverses d'écartement.

Aux mines de fer de Nori, en Algérie, on a pu franchir, à la hauteur de 15 mètres, dans des conditions analogues, un ravin qui n'avait pas moins de 80 mètres de large.

Nous avons dit plus haut que les voies portatives étaient exploitées, dans certains cas, à l'aide de locomotives, et l'on a fabriqué d'ailleurs, à cet effet, un certain nombre de machines qui reproduisent en miniature la disposition des grandes locomotives. Au concours de Compiègne de 1877, par exemple, une petite locomotive du poids d'une tonne remorquait sur une voie de 0m,50 établie avec des rails de 4k,500 un petit train qui comprenait encore 60 personnes. Cette machine n'aurait pas été en mesure d'ailleurs de faire un service industriel; mais depuis cette époque on a construit d'autres locomotives plus puissantes de 7 types différents, d'un poids vide variant de 2 à 9 tonnes et demie. Ce sont des machines tenders à deux essieux accouplés sans essieu porteur, ce qui permet d'utiliser tout le poids adhérent; elles sont toutes à mouvement extérieur, ce qui facilite la surveillance et les réparations. Les machines de 7 et 9 tonnes sont toutefois à six roues pour ne pas trop charger les essieux, mais on est obligé alors d'employer des rails de 15 à 18 kilogrammes. L'effort de traction dont on peut disposer varie depuis 365 kilogrammes pour les machines pesant 2 tonnes 700 jusqu'à qu'à 1,555 pour celles de 9 tonnes 500, et si on suppose qu'un effort de traction de 10 kilogrammes soit suffisant en palier pour remorquer un poids d'une tonne, on reconnaît qu'on peut entraîner ainsi des trains d'un poids variant de 36 à 150 tonnes. Toutefois il faut reconnaître que ces chiffres seraient beaucoup trop élevés en raison de l'installation souvent défectueuse de la voie, et en pratique ils devraient être réduits dans une forte proportion. La force de ces machines varie de 7 à 45 chevaux.

Elles sont généralement chauffées à la houille ou même au bois, et des dispositions spéciales sont prises pour prévenir la projection d'étincelles qui pourraient incendier les récoltes emmenées sur le porteur. On peut d'ailleurs modifier facilement la nature du combustible suivant les différents pays, et, pour le gouvernement russe, il a même été construit de petites machines chauffées au pétrole qui ont été mises en service sur des chemins de fer portatifs établis en Turkestan à la suite de l'expédition récente entreprise par les Russes dans ce pays. M. Decauville a construit également des locomotives à air comprimé, système Mékarski, qui suppriment par là même la fumée et les escarbilles projetées par les machines à vapeur chauffées à la houille. On évite ainsi tout danger d'incendie, et d'autre part il devient possible d'utiliser pour la compression de l'air les forces hydrauliques naturelles dont on peut disposer dans certains cas.

L'exposition agricole de 1882 au Palais de l'Industrie renfermait un type de locomotive à air comprimé d'un poids de 3 tonnes circulant sur un chemin portatif établi à l'intérieur de l'enceinte.

Les chemins de fer portatifs ont reçu depuis quelques années les applications les plus variées, on y a recours, en effet, avec le plus grand avantage dans l'industrie pour le transport des récoltes de tous genres, betteraves, cannes à sucre, etc. Pour le dégagement des bois dans les forêts, le transport de matériaux dans les docks, les entrepôts et les chantiers de construction, etc. On peut dire qu'on les rencontre aujourd'hui dans tous les pays du monde et jusque dans l'intérieur de l'Afrique; l'expédition dirigée en 1881 par M. de Brazza sous les auspices de la Société de géographie, et qui est allée reconnaître le cours supérieur de l'Ogouë, a pu traverser, en effet, au moyen des chemins de fer portatifs, les grands rapides de ce fleuve qu'il était impossible de remonter avec les chaloupes. Celles-ci étaient tirées à bord du fleuve en arrivant aux rapides et posées sur des petits trucks préparés à cet effet, qu'on emmenait sur la voie en les tirant à bras; le chemin de fer était simplement posé sur le sol, et enlevé au fur et à mesure derrière le train.

Le chemin de fer portatif est même descendu au fond de la mer et il a trouvé une application dans les huîtrières, par exemple: les scaphandriers y installent la voie sur le sol du fond et poussent les vagons dans des conditions relativement faciles et sans que l'eau leur présente trop de résistance.

Dans la plupart des applications que nous venons de signaler les chemins de fer portatifs n'ont à supporter que des charges relativement faibles; mais on peut avoir néanmoins, malgré la légèreté du matériel, à transporter des poids très considérables atteignant quelquefois 9 à 10 tonnes, comme des canons par exemple. Il suffit, alors, de faire reposer ces lourdes pièces sur un nombre suffisant de trucks mobiles de manière à diviser la charge en ne reportant sur chacune des roues qu'un poids de 7 à 800 kilogrammes seulement pour des rails de 7 kilogrammes par exemple.

Les chemins de fer portatifs ont pu rendre ainsi de grands services dans les travaux de constructions des forts pour le transport de l'armement, comme pour celui des matériaux eux-mêmes; et on y eut recours également pour le transport de l'artillerie de campagne dans deux guerres récentes poursuivies dans des pays dépourvus de voies ferrées.

Dans l'expédition du Turkestan de 1881, les Russes ont installé le long de l'Amou-Daria un petit chemin de fer portatif en avant de la grande voie ferrée en construction dont les travaux ne pouvaient être poursuivis assez rapide-

ment. Ils ont ainsi pu avancer de Mallo Kara sur l'Amou Daria, point terminus de la grande ligne, jusqu'à Kizil-Awat à une distance de 106 kilomètres. Cette voie dont les rails étaient posés directement sur le sable était desservie d'abord par deux petites locomotives chauffées au pétrole, comme nous l'avons dit plus haut, mais ces machines n'ont pu faire le service qu'on en attendait, car elles étaient trop lourdes pour le terrain, et la voie s'enfonçait dans le sable. Enfin la poussière, soulevée par le vent, venait se déposer en grande épaisseur sur les pièces du mécanisme et en entravait le fonctionnement. Ces machines ont pu servir néanmoins à tirer de certains puits de l'eau fraîche qui faisait tout à fait défaut: et sur la voie elles ont été remplacées par des petits chevaux kirghises.

Le chemin de fer ainsi installé à fleur du sol a pu assurer le transport de toutes les provisions destinées aux troupes, et, en particulier, de l'eau potable qu'on ne rencontrait nulle part dans le pays. On était obligé de distiller l'eau de mer à Mikaïllow, et on l'apportait tous les jours par le petit chemin de fer jusqu'à Kazan-Djick et Kizil-Awat et à plus de 100 kilomètres de distance.

Les chemins de fer portatifs ont trouvé aussi leur application pour les transports militaires dans la récente expédition de Tunisie (1881). Une voie de $0^m,60$ installée à demeure entre Sousse et Kaïrouan sur une longueur de 70 kilomètres avec des rails de 7 kilogrammes et de $9^k,500$ servit à assurer tous les transports militaires et même ceux des plus gros canons de campagne emmenés au moyen de trucks articulés, comme nous l'avons dit plus haut. Cette voie fut aussi desservie à l'origine au moyen de petites locomotives spéciales, mais ces machines mal entretenues se trouvèrent bientôt hors service et sont abandonnées, croyons-nous, dans la gare de Sousse.

Ces différents exemples témoignent bien des services que peuvent rendre les chemins de fer portatifs, mais ils montrent en même temps combien il est important d'éviter toutes les pièces mobiles susceptibles de se perdre ou de se détériorer dans la construction de la voie et même autant que possible dans celle du matériel de traction; car les réparations deviennent presque impossibles avec un personnel peu soigneux ou inexpérimenté. — B.

CHEMINS DE FER AÉRIENS. En 1869-1870, pour le transport économique des betteraves, on a employé dans les champs de petits vagonnets accrochés par des roulettes supérieures formant crochets sur des câbles portés par des poteaux ; ce système est connu sous le nom de son inventeur, Hogdson. Dans ce système les vagons étaient mus par traction d'hommes ou de chevaux, du point de

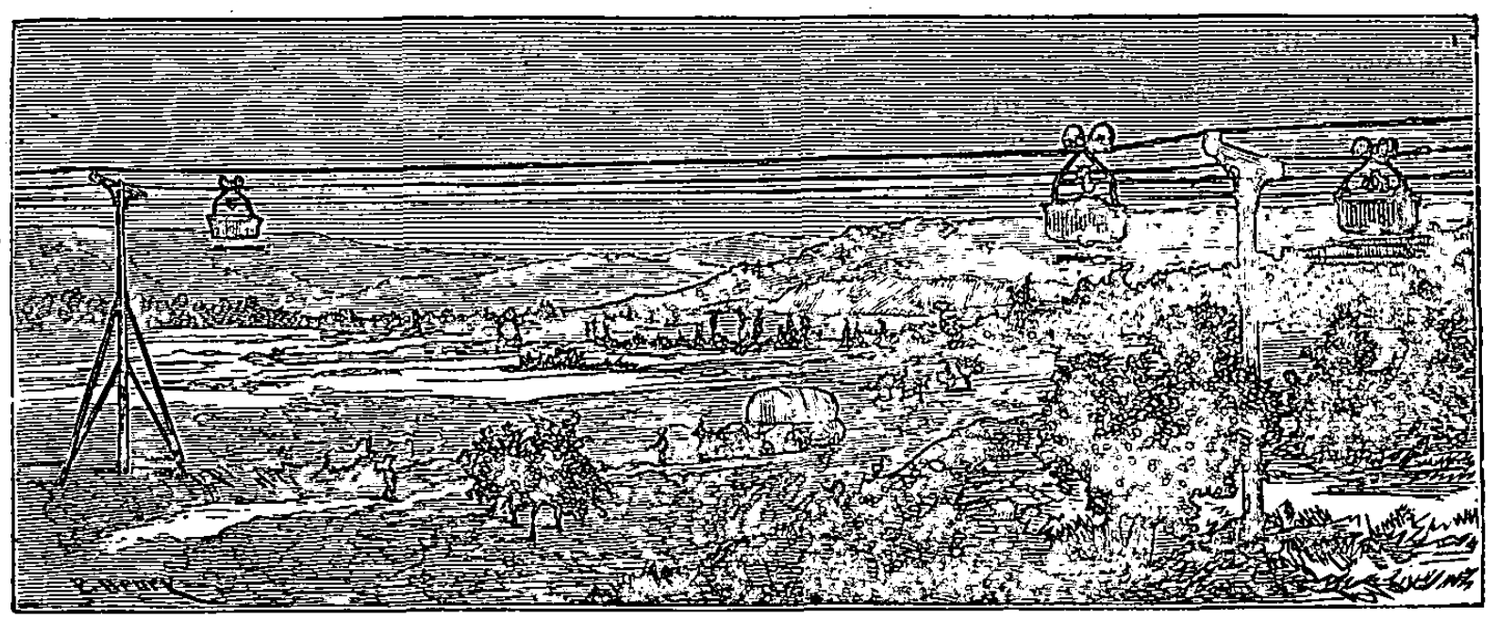


Fig. 172. — *Vue d'un chemin de fer aérien.*

départ soit au silo, soit à l'usine suivant les cas. La nécessité de changer constamment la position de certains poteaux pour avoir le point de départ au lieu d'arrachage, en ce qui concerne la betterave en particulier, obligeait à un travail mixte, c'est-à-dire manuel en partie. L'obligation de déplacer les poteaux et de faire marcher les vagonnets toujours en ligne droite fit que ce système ne se répandit pas.

M. Bleichert a repris cette idée et a obtenu par une disposition fort ingénieuse non seulement le transport mécanique des vagonnets bennes, mais encore ce transport dans les terrains les plus accidentés.

Sur des poteaux placés à une distance qui peut varier de 20 à 200 mètres et dépendant surtout du terrain à franchir, sont placés deux rouleaux l'un recevant le câble destiné aux vagonnets pleins, l'autre aux vagonnets vides. Ces câbles sont accrochés solidement à une extrémité de la ligne et tendus fortement à l'autre au moyen d'un appareil tendeur à poulies donnant toujours aux câbles la même tension calculée d'avance. Les vagonnets accrochés par des poulies supérieures sur un câble sont actionnés par un autre câble tracteur faisant un circuit total et formant par suite brin pour l'aller, brin pour le retour. Ce second câble est actionné par une machine fixe à une extrémité : une poulie située à l'autre permet le circuit.

Au départ des stations, les vagonnets bennes sont mis en communication avec les câbles porteurs au moyen d'aiguilles et de rails fixes en fer spécial suspendus et formant voie de garage. Lorsque ces bennes arrivent aux stations, un système de déclanchement particulier leur permet de quitter le câble tracteur dont elles recevaient pré-

cédemment le mouvement, elles quittent en même temps le câble porteur pour passer sur le rail de prolongement. Pendant le mouvement, ces vagonnets bennes sont fixés au câble tracteur au moyen d'un appareil d'accouplement formant pince; chaque benne en porte un semblable.

Les câbles tracteur et porteur doivent toujours former un circuit contenant deux lignes droites parallèles, lesquelles sont seules utilisées par les vagonnets. Si la voie doit former un angle, on est obligé de former un deuxième circuit formant avec le premier l'angle demandé, mais cet angle doit être formé en palier. Pour passer d'un circuit sur l'autre, un ouvrier est nécessaire pour amener le vagonnet benne de la première voie à la seconde. Des rails spéciaux formant courbes raccordent les deux voies. Les vagonnets se déclanchant automatiquement sont poussés de la première voie sur la seconde où ils sont enclanchés automatiquement aussi. Les câbles porteurs sont en fils d'acier en spirale, les câbles tracteurs en fils de fer à 6 torons et avec âme en chanvre.

Ces chemins de fer aériens sont applicables aux pentes les plus fortes et particulièrement appropriés aux descentes des matières de toute nature; dans ce cas ils peuvent être automoteurs à partir de 10 0/0 de pente.

Partout où l'on a besoin dans des usines, dans des mines, dans des carrières, de faire des transports, ces chemins aériens donnent une sérieuse économie sur la main-d'œuvre sans occasionner aucun encombrement puisque le mouvement a lieu au-dessus du sol. La figure 172 donne un aperçu du système.

CHEMINS VICINAUX. Ces chemins se divisent, selon leur importance, en *chemins de grande communication, chemins d'intérêt commun* et *chemins ordinaires*, et par une quatrième catégorie en *chemins ruraux*. Nous n'avons pas à démontrer l'utilité de ces chemins au point de vue des intérêts de l'industrie et du commerce ; on sait qu'ils servent d'accès aux usines et autres établissements industriels, aux mines, aux carrières, puis aux canaux, aux rivières, aux routes et aux chemins de fer. Ils permettent aux usines de quitter les villes, où les frais de productiou tendent à s'élever de plus en plus, pour venir s'établir dans les campagnes, où la main-d'œuvre est moins chère et où elles trouvent souvent, en outre, des forces motrices à bon marché. A ce point de vue, le développement déjà considérable de la vicinalité a dû avoir pour heureux effet de décentraliser l'industrie, de diminuer les frais de production et d'enrayer le mouvement des agglomérations urbaines au grand profit de l'hygiène de l'ouvrier

Nous n'avons point à entrer ici dans la question purement administrative, mais sans mentionner les ressources ordinaires ou extraordinaires de la voirie vicinale, nous croyons cependant devoir appeler l'attention de nos lecteurs sur l'économie de la loi du 11 juillet 1868.

— *Nous n'appellerons l'attention que sur les emprunts* La loi du 11 juillet 1868 a créé, sous la garantie de l'Etat, une caisse spéciale des chemins vicinaux chargée de faire, pendant 15 ans, aux communes dûment autorisées à emprunter, les avances nécessaires pour l'achèvement des chemins vicinaux ordinaires. Ces avances ne peuvent excéder 200 millions dont la répartition a été faite entre les départements par un décret rendu en Conseil d'Etat.

Parmi les *ressources éventuelles* nous devons citer les subventions industrielles. Le législateur a voulu, en effet, que quiconque dégrade extraordinairement un chemin vicinal par l'exploitation de certaines propriétés ou d'entreprises industrielles, puisse être appelé à contribuer aux frais de réparation de ce chemin par des subventions spéciales, proportionnées aux dégradations. Les exploitations qui peuvent donner lieu à ces subventions sont : les carrières, les forêts, les mines, les usines (filage et tissage des matières textiles, distillation des boissons et liqueurs, sucreries, grandes minoteries, etc., etc.). Les subventions sont réglées soit par décision du conseil de préfecture, sauf recours au Conseil d'Etat, soit par abonnement. Citons encore parmi les ressources de cette catégorie les prestations imposées aux auteurs de délits forestiers qui ne peuvent payer l'amende qu'ils ont encourue, le produit des souscriptions particulières, les subventions départementales et enfin les subventions de l'Etat, dont l'importance s'est constamment accrue depuis 1868.

Voici, d'après un document officiel, le plus récent qui ait paru jusqu'à ce jour, le montant des ressources qui ont été créées, en 1879, pour les besoins de la vicinalité :

Par les communes	100.370.483
Par les particuliers.	3.629.267
Par les départements.	61.897.687
Subventions de l'Etat	6.061.119
	171.958.556

Dans les ressources créées par les communes en 1878, les prestations ont figuré pour les sommes suivantes :

En nature.	56.764.656
En argent.	23.373.815
	80.138.471

Les dépenses ont été comme suit en 1879 :

Personnel.	9.412.880
Travaux	173.955.000
	183.367.880

Le déficit à couvrir sur les exercices suivants a donc été de 11,409,324 francs.

La longueur du réseau vicinal était, au 31 décembre 1879, comme suit (en mètres) :

	A l'état d'entretien	En construction	En lacune	Total
Chemins de grande communication.	100.910.696	683.721	2.039.251	103.638.664
Chemins d'intérêt commun	66.031.207	3.044.792	6.498.746	75.574.745
Chemins ordinaires	239.311.246	24.967.581	132.563.480	396.845.307

La longueur totale était, d'après les chiffres de détail ci-dessus, de 576,058,716 mètres. — A. L.

CHEMINEAU. *T. techn.* Petite cheminée portative en terre cuite.

I. **CHEMINÉE.** *T. techn.* Ce mot s'applique au conduit ménagé au-dessus d'un foyer pour établir un courant d'air qui entraîne la fumée au dehors, et à la partie qui fait saillie dans une pièce d'ap-

partement; il désigne aussi la partie du conduit en tôle ou en brique qui s'élève au-dessus du toit. Pris dans ses plus importantes acceptions, ce mot est dans le Dictionnaire l'objet d'études spéciales. — V. les articles suivants. || Petit tube vissé dans le tonnerre d'une arme à percussion, dans lequel on met la capsule. || Tuyau d'orgue ouvert aux deux extrémités. || Petite cavité produite par l'air dans une pièce de métal fondu. || Tube de verre qu'on adapte à une lampe pour établir un courant d'air et brûler la fumée. || *Cheminée d'aérage*. Dans une mine, puits destiné à l'aération; dans une casemate de fortification, cheminée verticale en maçonnerie qui a pour fonction de faire circuler et renouveler l'air.

II. **CHEMINÉE.** La cheminée ayant été examinée en tant qu'appareil de *chauffage* (V. ce mot), il reste donc à la considérer comme partie de l'aménagement des édifices. A ce point de vue, et sans être une partie essentielle de la construction proprement dite, comme le sont les points d'appui, piliers ou colonnes et murs, et aussi les planchers ou voûtes et combles, la cheminée est cependant, comme d'autres dispositions destinées à assurer un usage commode de l'édifice, un élément important dans la composition de l'œuvre architecturale; et, souvent, cet élément a atteint des proportions monumentales dans le monument même; enfin, là où il est placé, s'il influe sur les dispositions de la construction à laquelle il est lié, c'est surtout dans les endroits où passent les conduits de fumée.

En parlant de la cheminée, foyer adossé et abrité sur les côtés, au devant duquel l'air s'échauffe surtout par le rayonnement produit par la flamme, puis par l'incandescence du combustible qui se consume, on entend ici ne considérer que les dispositions générales de cette partie, en la distinguant de l'émissaire des produits de la combustion, *tuyau* ou *conduit de fumée*.

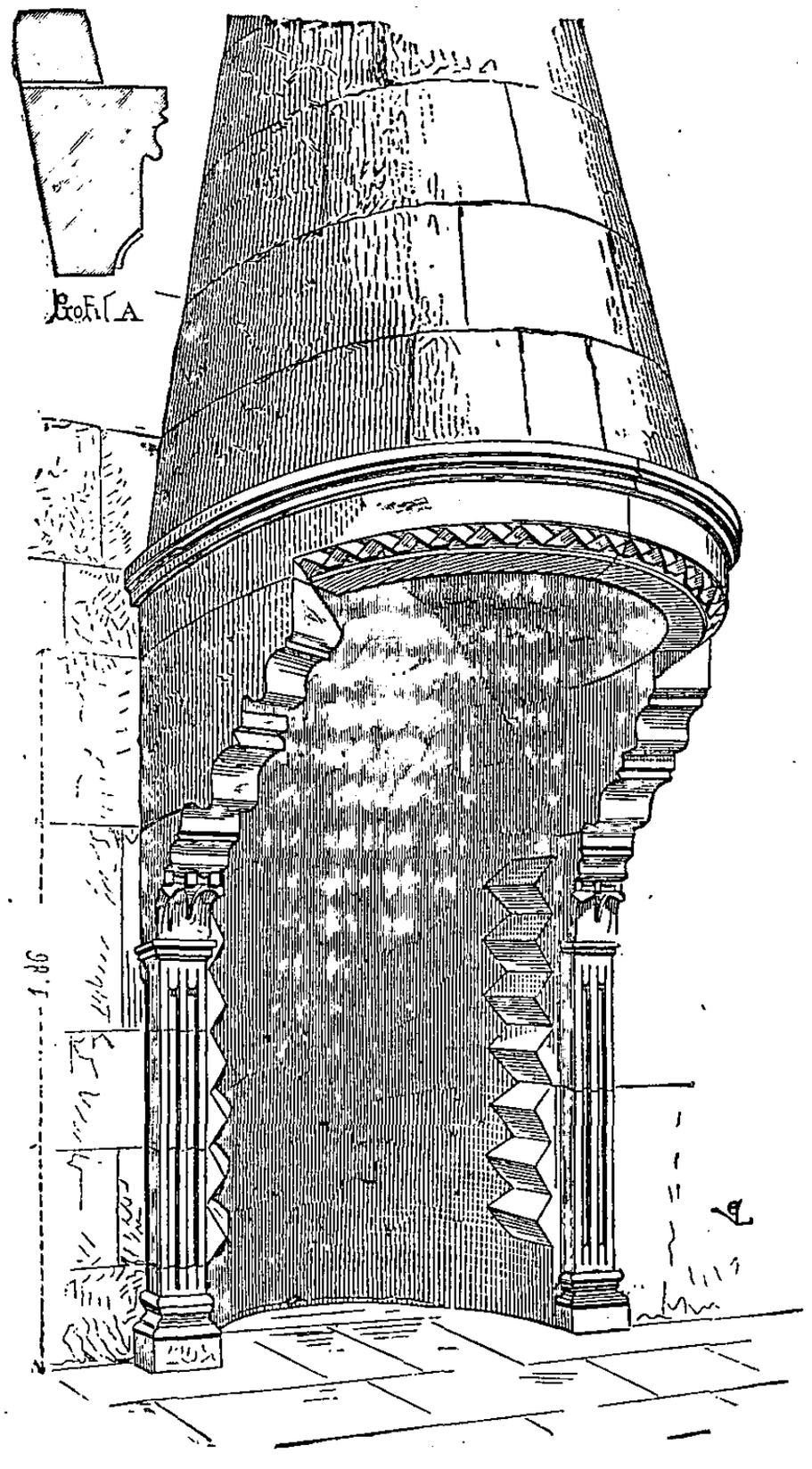


Fig. 173. — *Cheminée du bâtiment de la maîtrise de la cathédrale du Puy-en-Velay. Tirée du* Dictionnaire de l'architecture, *de Viollet-le-Duc (Vᵉ Morel, éd.)*

La cheminée dans sa disposition la plus simple est constituée par un âtre, placé au niveau du sol, sur lequel est déposé le combustible qui d'autre part, est adossé à l'un des murs servant à clore

la pièce qu'il s'agit de chauffer ; au-dessus une sorte d'entonnoir renversé, appelé *hotte*, sert à réunir les produits de la combustion pour les engager dans le tuyau de fumée qui les émet finalement au dehors.

— La terre battue comme âtre, la muraille à laquelle s'adosse le combustible, partie qui s'appelle *contre-cœur,* et la hotte conique, évasée à l'imitation du toit de la hutte où la fumée s'échappait au sommet, par un orifice laissé à propos, constituent la cheminée primitive. Cependant, même avec des dispositions aussi simples, l'usage de la cheminée ne paraît pas être antérieur au XII^e^ siècle ; avant on se chauffait soit avec de simples brasiers par rayonnement, soit par l'air chaud amené des hypocaustes au moyen de conduits. Mais une fois la cheminée trouvée, ses dispositions se complètent rapidement. Si par exception, on met le contre-cœur en saillie sur le mur auquel la cheminée s'adosse, afin de mieux échauffer latéralement la pièce, ou aussi quand ce mur a peu d'épaisseur, on renonce bientôt à cette disposition aussi bien qu'à celle du contre-cœur placé au même nu que le mur. On creusa ce mur, ou plus exactement on y laissa un enfoncement en le construisant ; de la sorte les flammes

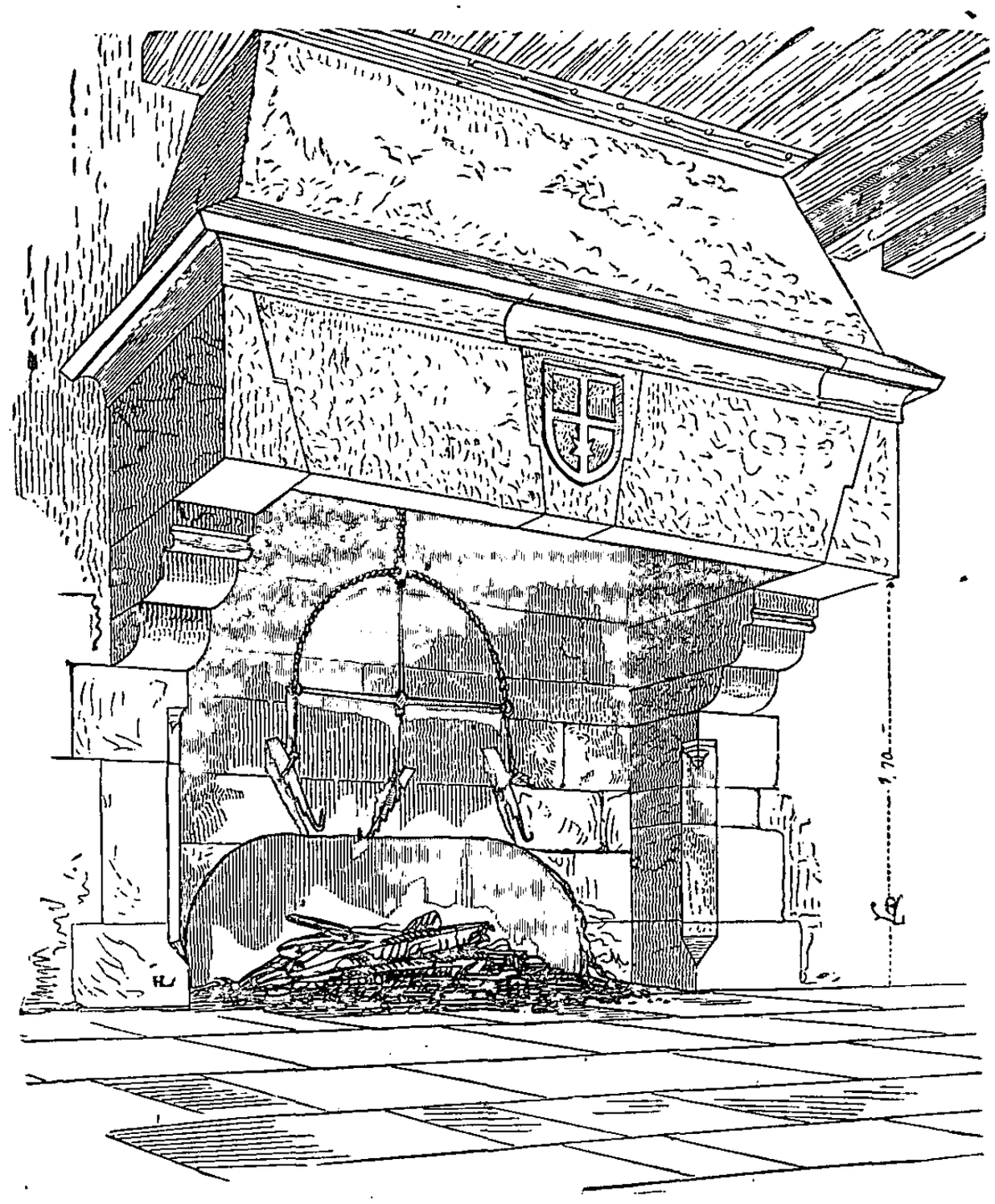


Fig. 174. — *Cheminée de cuisine de l'abbaye de Blanche de Mortain (Extraite du* Dictionnaire de l'architecture, *de Viollet-le-Duc, V^e^ Morel, éd.).*

et les gaz qui s'élèvent du foyer, soustraits aux courants latéraux pouvaient s'engager dans la hotte plus complètement. On suppléa à cet enfoncement, ou on l'augmenta en construisant latéralement au foyer deux piles peu saillantes, dosserets ou jambages, qui servaient en même temps de supports à la hotte. Enfin on éleva un peu l'âtre au-dessus du niveau du sol et on le constitua ainsi que le contre-cœur avec des matériaux plus résistants que la pierre à l'action du feu, et tels que tuileaux ou briques, plaques de métal, fer, fonte ou bronze.

Les premières cheminées, au XII^e^ siècle, sont sur plan demi-circulaire et d'assez petites dimensions, ce qui permit de faire le linteau, servant de support transversal à la hotte au-dessus des jambages, en un ou deux morceaux seulement. Ainsi la cheminée de la salle de la maîtrise dépendant du chapitre de la cathédrale du Puy-en-Velay (Haute-Loire), présente un foyer presqu'en demi-cercle, de 1^m^,49 de large sur 0^m^,50 en profondeur, avec une hotte en demi-cône, supporté par un linteau composé de deux parties dont chacune repose sur les corbeaux qui surmontent les jambages latéraux au foyer (fig. 173).

A cette même époque, la cheminée de la cuisine de l'ancien collège de Vezelay (gravé dans le septième cahier du *Bulletin du comité de l'histoire des arts en France,* 1853), présente aussi de l'intérêt ; son plan est oblong, c'est-à-dire rectangulaire, les petits côtés étant ceux de la saillie bien entendu ; le long côté de la hotte prend alors le nom de *manteau.*

Comme exemple de cheminée avec âtre en saillie sur un mur peu épais, on peut citer celle qui existe à Lincoln en Angleterre, dans la maison dite du Juif.

La dimension des cheminées s'accroissant, on dût faire les linteaux soit en arc, soit en plusieurs morceaux. Comme disposition en arc, on peut citer celle du châ-

teau de Vauce, près d'Ebreuil, dans l'Allier, dont le contre-cœur est en tuileaux. Comme disposition de linteaux en plusieurs morceaux appareillés, la cheminée en granit de l'abbaye de Blanche de Mortain, est remarquable, l'appareil est à crossettes pour éviter le glissement ; les deux pierres extrêmes font sommier, celle du milieu formant clef (fig. 174).

Comme l'emploi de la pierre dans des linteaux de grande dimension et dans la hotte, est assez coûteux et exige des supports, jambages et corbeaux assez puissants, on a cherché quelquefois à faire ces linteaux en bois, en leur donnant une forme cintrée en plan pour les éloigner dans leur milieu, de la partie extrême des flammes du foyer ou des gaz brûlants qui s'en élèvent. Cette disposition est adoptée dans une maison de Cluny (rue d'Avril, 13), qui est placée entre deux fenêtres et dont le mur de contre-cœur, en enfoncement du côté de la pièce, fait saillie à l'extérieur (fig. 175).

Si les cheminées du XIIe siècle, dont il est parlé plus haut, ont des dimensions modestes, et encore aussi celles du XIIIe siècle, que nous venons de citer en dernier lieu, si de même la décoration en est simple et les formes sobres, il n'en est plus de même dans les siècles suivants. Du XIVe siècle presque jusqu'à la fin du XVIe, les cheminées prennent des dimensions considérables et la décoration peinte ou sculptée prend une importance et une richesse extrêmes.

Ainsi les cheminées du XIVe siècle du château de Pierrefonds situées aux premier et deuxième étages (citées dans l'ouvrage de Verdier et Cattois sur l'architecture

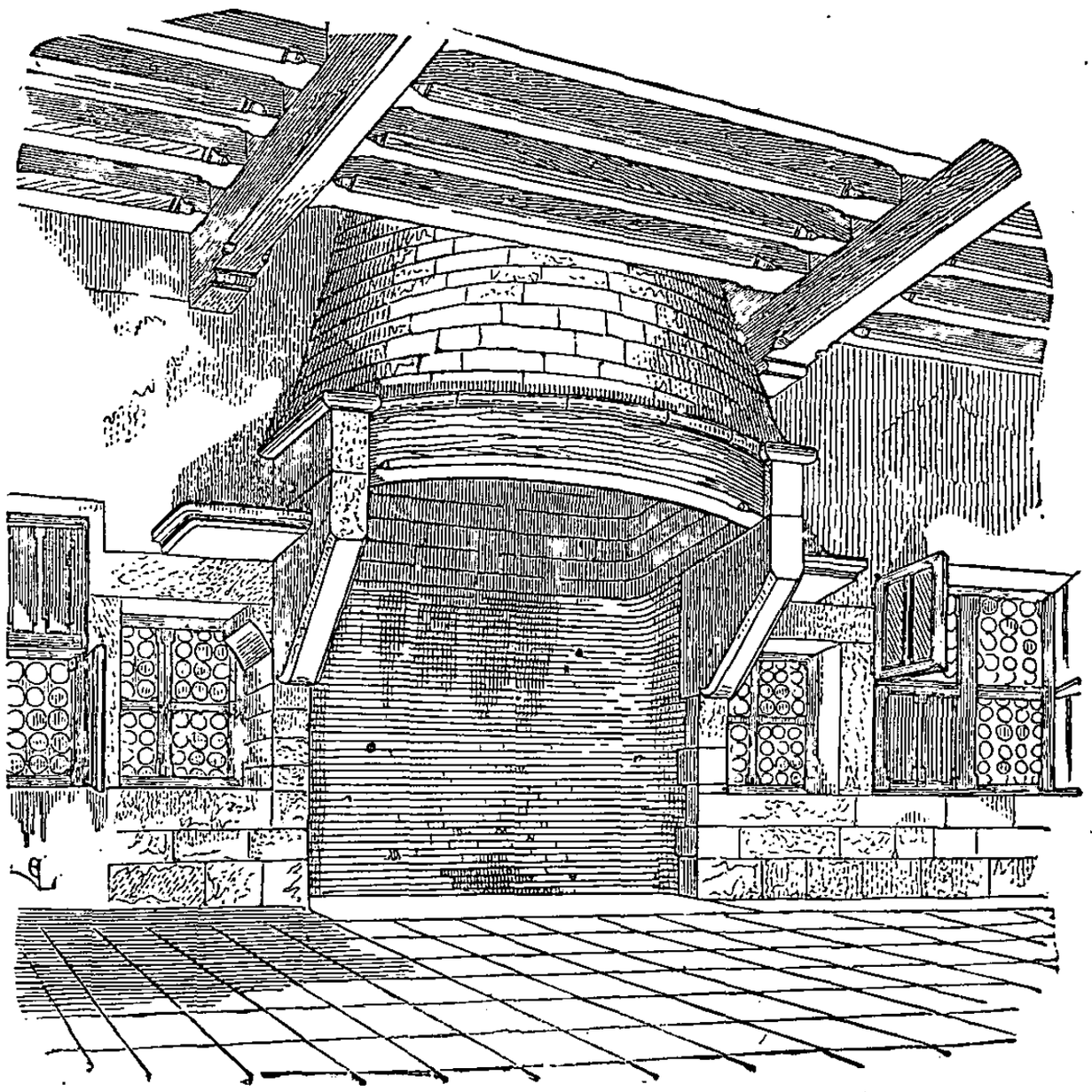


Fig. 175. — *Cheminée d'une maison de Cluny, tirée du* Dictionnaire de l'architecture, *de Viollet-le-Duc, Ve Morel, éd.*

civile et domestique au moyen âge et pendant la Renaissance), ont déjà une plus grande importance que précédemment. Celle du premier étage est remarquable par son linteau droit orné d'un rinceau de feuillage sculpté ; celle du second étage présente cette particularité qu'une partie du poids de la face de la hotte ou manteau, est reportée par un arc en tiers-point sur les jambages, déchargeant d'autant le linteau.

En cheminées de dimensions réduites de cette époque on peut encore citer celles du Musée de Cluny, parmi tant d'autres qui témoignent combien dans cette partie de l'édifice, comme dans les autres parties, les architectes du moyen âge ont apporté de soin dans la construction, et de talent dans la forme.

Les salles de réunion s'accroissant de dimension, celle des cheminées, en largeur surtout, s'accrut aussi ; et, dans certains cas, on augmenta le nombre des foyers. Ainsi, dans la grande salle des chevaliers du Mont-Saint-Michel-en-Mer, il y a deux cheminées. Il y en avait quatre dans la grande salle du château de Montargis, une à chaque extrémité sur les petits côtés, deux sur l'un des grands côtés. Les dimensions des cheminées s'accrurent même tellement, qu'on dût diviser le foyer en plusieurs parties, tout en conservant un manteau unique et de l'unité dans la décoration, pour relier le tout. Ainsi, dans la grande salle du premier étage du château de Pierrefonds, il y a plusieurs foyers, et comme dans celle du château de Coucy, dite aussi salle des Preuses, dont le foyer était divisé en deux parties, sont adossées au manteau se dressant au-dessus du linteau, les neuf statues des Preuses, plus grandes que nature (*fig. 176*).

Dans la grande salle du palais des comtes de Poitiers, la cheminée divisée en trois parties, le linteau orné d'écussons, se dresse à l'extrémité de ce magnifique vaisseau au-dessus d'une partie surélevée de dix marches, et au-dessous d'un fenestrage ingénieusement combiné avec les conduits de fumée.

Au XIVe siècle comme au XIIIe, non seulement, la sculpture jouait un rôle important dans la décoration des cheminées, mais aussi la peinture ; à cet égard on

doit donner comme des exemples les cheminées restaurées, restituées ou conçues par analogie, par feu E. Viollet-le-Duc, dans sa restauration-création du château de Pierrefonds. On voit là quel parti on peut tirer de la peinture, soit seule, soit liée à la sculpture, ornement ou statuaire, et combien l'emploi des arbres généalogiques, écussons, bannières, etc., etc., se prêtent à la décoration, dans des dispositions ingénieuses.

Au xv^e^ siècle, les cheminées ont toujours, dans les châteaux, maisons de ville, etc., une grande importance, mais la peinture cède le pas presque complètement à la sculpture qui prend un développement considérable. Ainsi, le manteau devient une immense composition sculptée, chargée et quelquefois surchargée d'ornements et de statues. Dans ce genre on peut citer la remarquable cheminée du palais de justice de Bruges.

Au xv^e^ siècle, on voit apparaître l'emploi du plâtre dans la construction des hottes; moyen plus économique que la pierre, et qui permettait au bourgeois de paraître à moins de frais. La hotte était constituée d'une carcasse en charpente, hourdée en plâtre, ornée de moulures et même de sculptures. A Saint-Antonin (Tarn-et-Garonne) existaient encore une cheminée avec manteau en plâtre très simple et une autre beaucoup plus riche revêtue de sculptures.

Au xvi^e^ siècle, la Renaissance a créé un nombre considérable de cheminées de toutes dimensions, très intéressantes aussi, mais dans lesquelles le foyer conserve

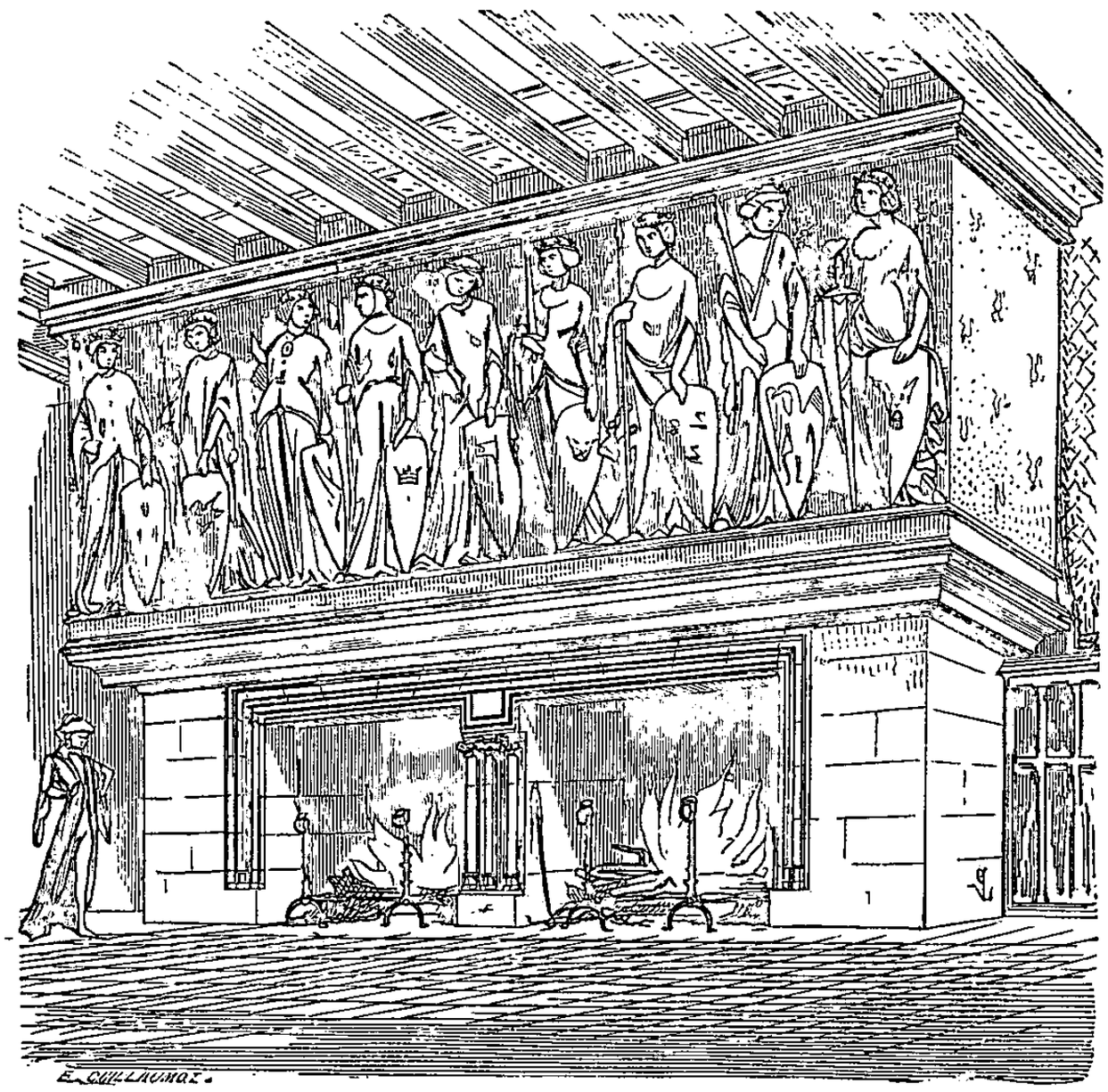


Fig. 176. — *Cheminée du château de Coucy* (*Tirée du* Dictionnaire de l'architecture, *de Viollet-le-Duc, V^e^ Morel, éd*).

toujours de grandes dimensions; la vie de château existait encore et n'avait pas encore été annulée complètement par la vie de cour qui venait de faire son apparition; d'autre part, les ressources en bois n'étaient pas encore épuisées.

Parmi les cheminées de la Renaissance on peut citer, parmi celles de petite dimension, celle du musée de Cluny, et dans de plus grandes proportions les nombreuses cheminées décorées de peinture ou de sculpture des châteaux de Blois, de Fontainebleau, etc. Celle dont nous donnons le dessin (fig 177), témoigne du goût des artistes de cette époque; les détails de sculptures de cette belle composition sont d'une élégance et d'une finesse d'exécution qui dénotent autant d'imagination que d'habileté.

Il y a aussi des cheminées remarquables de cette époque à Maintenon, Montfort-l'Amaury, au Grand-Andelys dans l'hôtel du Grand-Cerf, et dans nombre d'autres localités : à Bourges, où on cite la cheminée des trois frères Lallemand, à Nantouillet celle du château construite en brique et pierre.

A la fin du xvi^e^ siècle et pendant le xvii^e^ les dimensions des foyers commencent à être diminuées, le linteau s'abaisse et le manteau augmente de hauteur en se réduisant de largeur, et on y applique souvent une décoration de peinture ou de tapisseries encadrées; alors aussi on donne plus de saillie au linteau, qui avance sous le manteau beaucoup plus qu'auparavant, ce qui permet d'y disposer des vases, statues ou statuettes, pendules, flambeaux ou candélabres.

Un exemple de cheminée de la fin du xvi^e^ siècle est celle composée par Ducerceau.

Au xvii^e^ siècle on emploie, moins que précédemment la pierre dans la construction des cheminées, le marbre fait alors son apparition pour être conservé avec des dimensions plus restreintes jusqu'à nos jours où, comme au xviii^e^ siècle époque à laquelle elles apparaissent, les glaces surmontent les cheminées.

Pendant les époques qui précèdent, les cheminées de cuisine présentaient des dispositions analogues à celles des autres pièces du logis, mais avec des formes plus simples, et la cuisine qui était d'abord dans un bâtiment séparé, fait partie de l'édifice à partir du

XIIIe siècle. On peut citer comme cheminées de cuisine celles de l'ancien Palais de justice à Paris. Il existe encore nombre de ces cheminées dans les campagnes, là où le bois est encore assez abondant pour être employé, et où le fourneau, exclusivement usité dans les villes, n'a pas encore pénétré. C'est au-dessus de l'âtre de ces foyers qu'au moyen de tiges avec crémaillère, on suspend les vases, notamment, les marmites destinées à la cuisson des aliments, et c'est au devant du large foyer, sur l'âtre même, que se disposaient les *landiers*, servant de supports aux broches à rôtir. De même que dans les cheminées du logis, le bois était posé

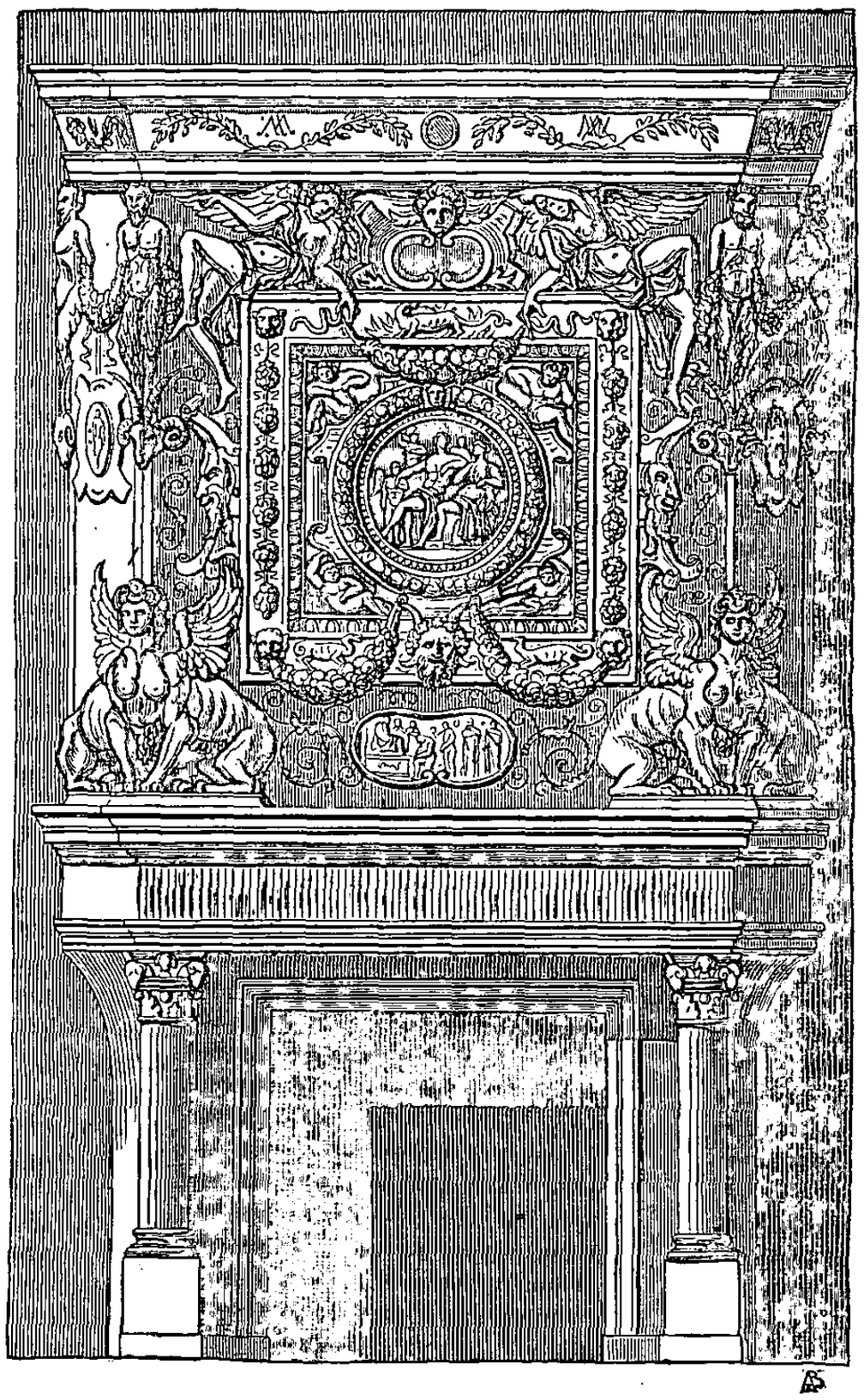


Fig. 177. — *Cheminée de l'appartement du roi, dans le château de Fontainebleau.*

transversalement sur des *chenets*, afin de faciliter au-dessous du combustible l'accès de l'air nécessaire à sa combustion.

La cheminée moderne en tant qu'appareil de chauffage s'est réduite de dimensions, comme les pièces de nos appartements, et a été perfectionnée dans ses dispositions par l'adjonction du rideau destiné à faciliter la mise en feu: En donnant moins de profondeur au contre-cœur, en entourant le foyer d'un ébrasement qui laisse la chaleur rayonnante diverger dans la pièce, en donnant accès à l'air extérieur autour du foyer pour utiliser un peu de la chaleur directe et l'admettre ensuite au moyen des bouches de chaleur, l'appareil de chauffage a été perfectionné, mais il n'en reste pas moins imparfait, étant mauvais en principe puisqu'il n'est pas disposé pour utiliser au maximum la chaleur directe qui est de beaucoup plus considérable que la chaleur rayonnante, et qui se perd pour la plus grande partie par les conduits de fumée. En même temps l'agrément que donne la vue du feu de bois, a disparu par la substitution du charbon de terre disposé dans des grilles qui ont remplacé les chenets. — V. CHAUFFAGE § *Cheminées*.

Les dispositions de la cheminée moderne sont celles indiquées par les figures 178 à 180, dont la légende explique la construction.

La partie extérieure est donc comme une enveloppe au foyer et au reste de la construction; cette partie est généralement formée de plaques de marbre pour les faces et côtés des pilastres, le linteau ou traverse, la tablette qui recouvre le tout, et la plaque du foyer placée en avant de l'âtre. Ces plaques de marbre étant minces sont, pour

les pilastres et les côtés, quelquefois formés de plusieurs morceaux suivant les formes adoptées, doublées de plaques en pierre, et rattachées au corps de la construction au moyen de pattes ou crochets en fer scellés avec du plâtre. Les ébrasements sont quelquefois en plâtre, généralement en faïence blanche ou décorée ; on en a fait aussi en fonte moulée ornementée, et en tôle. Au reste, on

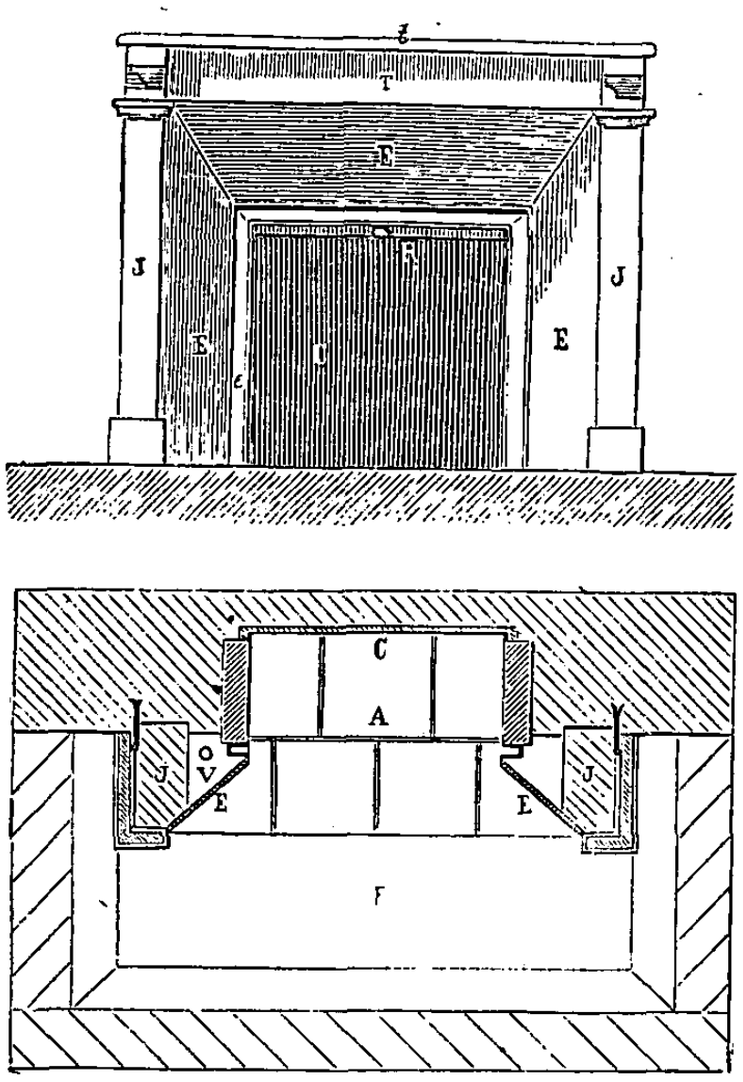


Fig. 178 et 180. — *Elévation, plan et coupe.*

A Atre en briques ou tuileaux. — *F* Foyer en terre-cuite ou marbre. — *C* Contre-cœur, plaque en fonte. — *E* Ebrasement en faïence. — *R* Rideau en tôle. — *e* Encadrement — *J* Jambages en briques et marbre. — *T* Linteau ou traverse en marbre. — *t* Tablette en marbre. — *v* Contre-poids du rideau. — *f* Conduit de fumée.

a fait aussi des cheminées entières en fonte, surtout dans les pays (Angleterre, Belgique, etc.) où l'usage du charbon de terre est très répandu.

Quant aux formes des cheminées modernes comparées à celles des siècles précédents, elles présentent peu d'intérêt, elles se rattachent toutes, c'est-à-dire sauf de rares, très rares exceptions, à un certain nombre de types qui se fabriquent industriellement, et s'emploient par milliers. Ces types ont des noms connus qui s'appliquent à des formes parfaitement déterminées. Ainsi sont les cheminées dites : capucine, à modillons, à consoles, Pompadour, Louis XV, Louis XVI, etc.

D'après ce qui précède, on peut remarquer qu'à chacune des époques dont nous avons parlé, du XII^e^ au XVIII^e^ siècle, et on peut dire jusqu'au commencement même de ce siècle, et soit pendant le moyen âge ou la Renaissance, soit pendant chacun des règnes qui se sont succédé depuis, sous Louis XIV, Louis XV, Louis XVI, et même sous l'empire, quelle que soit d'ailleurs la valeur qu'on accorde aux œuvres architecturales d'alors, il y a eu à chacune de ces époques aussi bien dans le détail que dans l'ensemble des édifices, un lien entre les formes adoptées, et tel qu'il permet de reconnaitre comme appartenant à chacune de ces époques les œuvres qui y ont pris naissance. De nos jours, aussi dans l'ensemble de l'édifice, comme dans ses parties — sauf pour quelques constructions spéciales — cette caractéristique manque. On fera une maison, un château de style, soi-disant, ogival, Renaissance, Louis XIV, etc., etc., et dans chacun des locaux de ces habitations on emploiera un style — ou sa superfétation — différent, c'est ainsi qu'on aura dans le salon une cheminée Louis XIV, dans la salle à manger une cheminée Louis XIII, dans la chambre à coucher une cheminée Louis XV, etc. C'est que la cheminée, comme les autres éléments qui entrent dans l'aménagement des constructions, est devenue — ainsi que la construction même un produit industriel, fabriqué en nombre pour être fait à bon marché, résultat qui pourrait cependant être atteint sans pasticher le passé, tout en faisant œuvre d'art. — L. C.

III. **CHEMINÉE D'USINE.** Les cheminées d'usines sont des colonnes creuses, verticales, en briques ou en tôle, destinées à donner passage aux produits de la combustion et à les conduire à une hauteur convenable. Elles remplissent deux fonctions : 1° elles rejettent à de grandes hauteurs dans l'atmosphère l'air brûlé chargé souvent de fumée, qui serait incommode et même nuisible, s'il se dégageait à une petite hauteur ; 2° elles appellent dans le foyer l'air nécessaire à la combustion.

Si le circuit dans lequel passe l'air brûlé est interrompu par un diaphragme, circonstance qui se présente dans tous les appareils de chauffage, tous étant pourvus de registres destinés à régulariser le tirage ou à le supprimer pendant les interruptions de travail, l'influence de ce diaphragme est d'autant plus petite que la résistance totale du circuit est plus grande et il diminue le tirage dans une proportion beaucoup plus petite que le rapport des sections. — Dans les grands générateurs à vapeur, la vitesse réelle d'accès est inférieure au 1/5 de la vitesse théorique. Ainsi, un diaphragme qui réduit la section au 1/10, réduit seulement le tirage aux 2/3. Cette faible influence des diaphragmes résulte de ce qu'ils diminuent en même temps la vitesse et par suite la résistance dans le reste du circuit.

Les diaphragmes placés dans le circuit d'air chaud réduisent plus le tirage que lorsqu'ils sont placés en avant du cendrier, parce que la vitesse de l'air chaud est plus grande que celle de l'air froid. Le diamètre des diaphragmes doit être tel que l'air chaud ne s'écoule pas au dehors avec une vitesse de moins de 3 à 4 mètres par seconde, afin que le courant puisse résister à l'action des vents extérieurs et ne soit pas refoulé dans la cheminée. — Le diamètre d'une cheminée variant proportionnellement à la section et à la racine carrée de la hauteur, on voit qu'il est préférable au point de vue de la dépense de la construction de réduire autant que possible la hauteur et d'augmenter la section ; il en serait de même au point de vue théorique, puisque le frottement dans la cheminée se trouverait diminué. Cependant, il vaut mieux donner toujours aux cheminées plus de hauteur qu'il n'est nécessaire, car on peut toujours diminuer le tirage au moyen de registres convenablement placés, tandis qu'on ne peut l'augmenter, ce dont on a besoin dans certains cas, lorsque, par exemple, en été, la température extérieure est très élevée, ce qui diminue d'autant la force ascensionnelle et rend plus considérable la consommation en combustible, car on sait qu'une combustion vive consommant une quantité d'air moins considérable, produit un effet calorifique beaucoup plus grand qu'une combustion lente.

Pour la détermination de la hauteur à donner à une cheminée, on est guidé par les considérations suivantes : Il est utile d'avoir une hauteur suffisante pour que la différence de pression produite par la cheminée puisse s'opposer à l'action des vents ; il faut de plus que la section de la cheminée ne soit pas tellement grande que le courant d'air chaud ne la remplisse pas complètement et qu'il en résulte des courants descendants troublant le tirage ; enfin, dans un grand nombre de localités et particulièrement dans les villes, des règlements de police déterminent la hauteur minima que doivent avoir les cheminées.

On ne descend jamais au-dessous de 10 mètres pour les cheminées d'usine et on ne dépasse guère 40 mètres. Le plus souvent, la hauteur est comprise, entre 25 et 35 mètres. M. Grouvelle cite une cheminée construite à Manchester qui a 125 mètres de hauteur, $7^m,50$ de diamètre extérieur à la base et $2^m,70$ au sommet, on a employé quatre millions de briques à sa construction.

La vitesse d'accès de l'air extérieur, abstraction faite de toute espèce de résistance est donnée par la formule

$$v=\frac{1+a\theta}{1+at}\sqrt{\frac{2gHa(t-\theta)}{1+a\theta}}$$

la vitesse de l'air chaud étant

$$v'=0,268\sqrt{\frac{H(t-\theta)}{1+a\theta}}$$

H hauteur verticale de la cheminée ;
$a=0,00367$ coefficient de dilatation de l'air ;
t température moyenne de l'air chaud du tuyau ;
θ température de l'air extérieur.

On obtient à peu près la vitesse maxima quand le diamètre de la cheminée est égal à deux ou trois fois celui de l'orifice ; au-dessus de cette limite, la vitesse n'augmente plus que d'une manière presque insensible.

Pour reconnaître comment la vitesse d'accès de l'air extérieur varie à mesure que t augmente, supposons dans la première formule $\theta=0$, elle devient

$$v=\sqrt{2gH}\sqrt{\frac{at}{(1+at)^2}}$$

Cette expression fait voir que pour une valeur déterminée de H, la vitesse est maximum quand la quantité sous le second radical est maximum, ce qui a lieu d'après les règles du calcul différentiel quand on a

$$t=\frac{1}{a}=273$$

Si θ n'était pas égal à a, ce maximum se produirait pour $t=273+2\theta$. Ainsi en supposant $\theta=0$ le maximum du tirage correspond à $t=273°$: si $\theta=12°$, ce qui a lieu moyennement, le maximum du tirage correspond à $t=297°$, soit pour la pratique 300. La vitesse ascensionnelle de la fumée est d'autant plus grande que la cheminée est plus haute. La chaleur que la fumée emporte dans la cheminée est le 1/4 environ de la chaleur totale développée par le combustible.

Section de la cheminée. On donne à la section horizontale de la cheminée une surface peu différente de la somme des orifices libres de la grille. Lorsqu'une cheminée dessert plusieurs foyers, il faut que sa section soit au moins égale à la somme des sections des rampants qui viennent y déboucher.

Si V est le volume d'air qu'il faut pour brûler un kilogramme de houille, si t est la température de la cheminée, H sa hauteur, $1+R$ la résistance, et si p est le poids de houille brûlée par heure et par décimètre carré de section de la cheminée, on a

$$p=\frac{0,01\times3600\times0,268}{V(1+at)}\sqrt{\frac{Ht}{1+R}}$$

d'autre part, si P est le poids de houille qui doit être brûlé en une heure et si S est la section de la cheminée en décimètres carrés, on aura

$$P=Sp=\frac{0,01\times3600\times0,268}{V(1+at)}S\sqrt{\frac{Ht}{1+R}}$$

d'où enfin

$$S=\frac{PV(1+at)}{0,01\times3600\times0,268\sqrt{\frac{Ht}{1+R}}}$$

Pour le cas des chaudières à réchauffeur, on fera

$$V=14, t=150, 1+R=105$$

et on aura

$$S=1,87\frac{P^k}{\sqrt{H^m}}$$

Pour le cas des chaudières ordinaires à bouilleurs on fera

$$V=14\,;\,t=300\,;\,1+R=52$$

et on aura

$$S=1{,}27\frac{P}{\sqrt{H}}$$

La valeur trouvée devra toujours représenter la section au sommet de la cheminée, cette valeur correspond à la limite d'un bon tirage, et par conséquent, dans la pratique, il sera bon d'augmenter un peu ces valeurs de S.

Construction. Les cheminées d'usine sont toujours isolées, elles sont en briques ou en tôle, avec l'un ou l'autre de ces deux matériaux, elles produisent *sensiblement* le même effet, parce que le refroidissement que l'air éprouve dans les cheminées métalliques n'a pas d'influence sensible sur le tirage. La résistance due au frottement du courant d'air ascendant contre les parois étant en raison inverse de la section et proportionnelle à son périmètre, la forme la plus convenable de la section intérieure au point de vue de la diminution des résistances est celle qui, pour une surface donnée a le minimum de contour; c'est par conséquent la forme circulaire, et ensuite les formes polygonales d'un grand nombre de côtés, enfin les formes carrées.

Les cheminées en tôle sont toujours circulaires. Quant aux cheminées en briques, celles de section circulaire sont généralement préférées, elles exigent à section égale moins de matériaux pour leur construction. Quand les cheminées en briques sont basses, on peut les faire prismatiques à l'intérieur en ne donnant un fruit qu'à leurs parements extérieurs, quand elles sont très élevées, on leur donne une forme pyramidale à l'intérieur et à l'extérieur.

Dans les grandes cheminées d'usine, la pente intérieure par mètre courant est d'environ 0,012 à 0,018, la pente extérieure varie de 0,025 à 0,035, l'épaisseur de la maçonnerie au sommet est de 0,11 ou de 0,22, la largeur ou la longueur d'une brique ordinaire. Comme l'épaisseur de la maçonnerie va en diminuant à mesure qu'on s'élève, afin de ne pas tailler les briques, on construit la cheminée pyramidale à l'extérieur et on rachète les fruits intérieurs par des ressauts brusques de 0,11. Lorsque la température de la fumée ne dépasse pas 300°, on peut faire les cheminées en briques ordinaires reliées par un mortier de chaux et de sable fin ; le plâtre ne doit être employé que pour des températures inférieures à 100°. Si la température de la fumée atteint 500°, le parement intérieur de la cheminée doit être en briques réfractaires, surtout à la partie inférieure.

Actuellement, on construit les cheminées sans échafaudages extérieurs, car ceux-ci sont trop coûteux; à mesure qu'on s'élève, on encastre dans la maçonnerie, à l'intérieur, des barres de fer espacées de 0,35, formant une échelle qui sert à la construction et aux réparations. Un bon ouvrier, servi par un manœuvre qui lui passe les briques et le mortier, élève en quinze jours une cheminée de 13 à 14 mètres, de 2 mètres de diamètre extérieur à la base de 1 mètre de diamètre intérieur et de 0,80 et 0,60 de diamètre, extérieur et intérieur au sommet.

Comme les hautes cheminées courent le danger d'être frappées par la foudre, il convient de les munir d'un paratonnerre dont la chaîne descend le long des parois et s'enfonce dans le sol comme à l'ordinaire,

On active beaucoup le tirage des cheminées en se servant d'un ventilateur ou d'un jet de vapeur. (Cas des locomotives.)

Si on désigne par d le diamètre intérieur au sommet de la cheminée, par d' son diamètre extérieur, par D et D', les diamètres intérieur et extérieur au bas de la cheminée, on aura :

$$d'=d+0{,}22 \text{ ou } d'\triangleq d+0{,}44$$
$$D=d+2Hm$$
$$D'=d'+2Hm'$$

m étant compris entre 0,012 et 0,018 et m' entre 0,025 et 0,035. On peut alors facilement tracer le profil de la cheminée dans chaque cas particulier.

Nous compléterons cet article par quelques renseignements comparatifs sur les différents modes de construction des cheminées d'usine, renseignements consignés par M. Dittma, d'Aix-la-Chapelle, dans le *Technologiste* de 1877. Comparant les trois méthodes actuellement en usage pour la construction des cheminées, à savoir : en briques ordinaires et mortier de chaux; — en briques cintrées et ciment; — en tôle, l'auteur prend comme exemple une cheminée de 25 mètres de hauteur. Une cheminée pareille en briques ordinaires et mortier de chaux exige cinq à six semaines pour le montage; en briques cintrées et ciment une quinzaine de jours et en tôle un seul jour.

La cheminée du premier système a dans le haut une épaisseur de 0,22 et tous les 5 mètres, on ajoute une demi-épaisseur de briques. Le cube total de la maçonnerie est de 70 mètres, le poids de 110 tonnes et le prix de 1,837 francs. Le mille de briques coûtant 30 francs. Les cheminées en briques cintrées ont au sommet une épaisseur de 0,15, que l'on augmente de 0,03 tous les 3 mètres. La maçonnerie cube 30 mètres et pèse 46 tonnes, son prix est de 1,625 francs, 1,834 francs compris les armatures en fer. Les cheminées en tôle sont épaisses de 0,005 à la partie supérieure et de 0,008 en bas. Elles pèsent 6,050 kilogrammes et coûtent 2,150 francs. Le prix monte à 2,625 francs avec les haubans et les plaques de fondation. Ces dernières cheminées ont une durée de vingt à vingt-cinq ans. — J. G.

IV. CHEMINÉE DE LOCOMOTIVE. *T. de ch. de fer.* La cheminée de locomotive est un simple tube vertical disposé à l'avant de la machine au-dessus de la boîte à fumée, qui reçoit les gaz dégagés du foyer ainsi que la vapeur d'échappement et les évacue dans l'atmosphère. Elle a une hauteur nécessairement limitée par celle des ouvrages d'art que la machine doit rencontrer sur la voie ; et par suite, différente en cela des autres cheminées industrielles, elle n'exerce par elle-

même qu'une action insignifiante sur le tirage. L'appel d'air si énergique dont les chaudières de locomotives ont besoin en raison de leur grande vaporisation est déterminé uniquement par une action tout extérieure, l'aspiration due au dégagement de la vapeur d'échappement dans la cheminée, et celle-ci pourrait même être supprimée sans trop d'inconvénient, comme le proposait M. Bettie.

La cheminée est installée dans le prolongement de la tuyère d'échappement qui débouche à son orifice inférieur; la vapeur y agit comme un piston qui occupe en se dilatant toute la section de la cheminée, et détermine ainsi dans la boîte à fumée un appel d'air qui se transmet à travers les tubes jusqu'au foyer. Cette disposition exige évidemment que la cheminée soit placée exactement dans l'axe de la tuyère pour que le courant gazeux ne vienne pas heurter les parois ; et on prend, en effet, dans le montage des précautions très minutieuses pour éviter toute déviation.

A la partie inférieure, la cheminée est munie d'une grille formant *pare-étincelles* dont le nom indique suffisamment la destination. Il importe, en effet, d'empêcher toute projection de flammèches qui pourraient déterminer des incendies. Cette grille est suffisante, en France, avec les combustibles ordinairement employés, mais dans les pays qui brûlent des houilles à longue flamme ou même du bois, on est obligé d'adopter des dispositions plus compliquées, on emploie généralement des feuilles de tôle, ou quelquefois des toiles métalliques disposées en chicane à l'intérieur de la cheminée sur le passage du courant gazeux ; ou bien on dispose à l'orifice d'une petite cheminée intérieure des réflecteurs et des auvents qui font retomber les flammèches. On se trouve ainsi amené à entourer la cheminée proprement dite d'une sorte de bonnet en forme de tronc de cône largement évasé et fermé à la partie supérieure par une toile métallique. Cet appareil connu, en Amérique, sous le nom de *bonnet pipe*, se rencontre sur presque toutes les machines des Etats-Unis auxquelles il donne un aspect caractéristique et assez peu gracieux d'ailleurs. En outre, il a l'inconvénient de fatiguer la cheminée par son poids et les vibrations qu'il lui transmet en raison de la grande surface qu'il présente au vent.

La cheminée présente souvent chez nous une forme complètement droite sans aucun chapiteau. Cette disposition paraît préférable car elle écarte mieux de l'orifice supérieur le vent qui gêne toujours le tirage. Quelquefois, on dispose même, à cet effet, une sorte d'auvent vertical sur la demi-circonférence antérieure de l'orifice, mais il faut que cet appareil puisse se rabattre pour ne pas gêner le tirage si la machine doit aller tender en avant.

Les cheminées sont souvent aussi garnies d'un clapet horizontal qui permet de les fermer complètement quand on veut arrêter le tirage; mais cette disposition est moins nécessaire maintenant depuis qu'on emploie des cendriers fermés. B. — V. CHAUDIÈRE A VAPEUR, § *Chaudière de locomotive.*

V. **CHEMINÉE DE CHAUDIÈRE MARINE.** Les cheminées des chaudières de navires présentent aussi une hauteur forcément limitée, on est alors obligé d'avoir recours à une pression d'air auxiliaire pour obtenir un tirage suffisant, et on supplée ainsi à l'aspiration obtenue avec la vapeur d'échappement dans les locomotives. La vitesse du courant gazeux peut varier de 45 à 85 mètres par seconde.

Sur certains transports comme ceux qui font le service de la Cochinchine, la cheminée est utilisée en même temps pour l'aération; elle est entourée à cet effet d'une large enveloppe solidement établie qui évacue l'air chaud des chambres de chauffe, ainsi que l'air vicié venant des parties profondes du navire. Le même office est rempli sur la *Provence*, par exemple, au moyen d'une lame d'air ménagée au milieu de la cheminée.

Les cheminées de navires sont surmontées d'un capot en toile ou quelquefois en tôle qui prévient l'arrivée de l'eau de pluie sur les chaudières lorsque les feux ne sont pas allumés. Le plus souvent les cheminées sont établies à demeure, mais quelquefois elles sont à rabattement pour permettre l'usage de la grande voile.

***CHEMINEMENT.** On nomme ainsi, dans l'art des sièges, l'ensemble des boyaux de tranchée qui réunissent les parallèles en se dirigeant en zig zags vers les saillants de la place assiégée.

I. CHEMISE. 1° Vêtement de linge. — V. l'article suivant. || 2° *Devant de chemise.* Partie de la chemise qui couvre la poitrine ; sorte de plastron blanchi séparément et qui se met par-dessus la chemise, ce qui permet aux gens très économes de changer de chemises moins souvent. || On fait aussi des *cols* et des *poignets de chemise* qui ont la même destination. || 3° *Chemise de mailles.* Cotte d'arme. || 4° Simple muraille crénelée qui, dans l'ancienne fortification entourait les villes peu importantes ; dans la fortification moderne, toute place défendue par un système de forts détachés doit être mise à l'abri d'une surprise par une chemise d'arrêt précédée d'un fossé et au besoin d'un chemin couvert. || 5° *T. de constr.* Maçonnerie dont on revêt une conduite de poterie. || 6° Muraille de briques qui enveloppe un calorifère. || 7° *T. de fond.* Moule dans lequel on coule les canons en bronze. || 8° *T. de verr.* Calotte qui recouvre la couronne du four de fusion. || 9° *T. de métall.* Partie intérieure d'un haut fourneau pour la fonte du minerai. || 10° *T. de fact. instr.* Partie droite du corps du clairon, du cornet, du côté de l'embouchure.

II. CHEMISE. Partie du vêtement qui s'applique sur la chair, couvre le corps depuis le cou jusqu'aux genoux. On a vivement discuté sur l'étymologie du mot *chemise.* A notre avis il vient du latin barbare : *camisa, camisia.* Il n'est pas difficile de trouver dans quelques auteurs du Bas-Empire les mots *camisile, camisilus, camisilis, camsile* qui ont certainement donné naissance aux anciens termes français *camise, chainse, chaisel, chainsel, chasuble.* D'après M. Littré, c'est dans un texte de Saint Jérôme que se rencontre pour la première

fois le mot *camisia* et c'est ainsi qu'est désigné un vêtement en usage dans les camps, *sermone vulgato solent militantes habere lineas, quas camisias vocant.*

La chemise est une partie trop importante du costume de l'homme pour que nous résistions au plaisir de l'étudier dans ses origines et dans ses transformations successives. Aussi nous remonterons aussi loin qu'il est possible dans l'histoire et, ce n'est qu'après cet examen rétrospectif, que nous nous occuperons du rôle que joue la chemise dans la société moderne, et de l'industrie considérable à laquelle sa fabrication a donné naissance.

Historique. Chez les Hébreux le plus ancien vêtement était le Kethonet; aussi bien en usage chez les hommes que chez les femmes, il s'appliquait directement sur le corps et, par là, jouait tout à fait le rôle de la chemise. (Il est à peine utile de faire remarquer le lien de parenté qui existe entre le Kethonet hébreux et le χιτων des Grecs.). Dès l'origine et peut-être pendant un espace de temps très long, le Kethonet était sans manches et se fixait sur les épaules au moyen de brides étroites. D'abord fait en peaux de bêtes, il ne tarda pas à être composé d'étoffes bigarrées et rayées; tandis que le Kethonet des prêtres était de byssus. D'assez bonne heure le tissu employé fut le coton et quelques savants, parmi lesquels il convient de mentionner le Dr Saalschütz, pensent que ce dernier nom dérive du mot grec chitôn (χιτων).

Si le mot « camisia » date seulement du Bas-Empire, il n'en est pas moins certain que les Romains, de même que les Grecs, avaient un vêtement qui répond à l'usage de la chemise dans les temps modernes. Telle est la tunique chez les Grecs, — pièce d'étoffe légère, soit de lin soit de tout autre tissu, avec ou sans manches, retenue sur les deux épaules ou une seulement par un simple bouton ou une agrafe. Quelquefois la tunique avait des manches plus ou moins larges cousues par le côté ou se fermant à l'aide de boutons ou d'agrafes.

La tunique des Romains était, pour les hommes et les femmes, un vêtement de nuit et de jour. Elle s'appliquait au corps par dessous la toge; elle était, comme chez les Grecs, tantôt avec manches, tantôt sans manches.

Chez les Grecs, les femmes de distinction en portaient deux.

Les Gaulois, avant d'avoir adopté le costume des Romains, portaient, d'après Strabon, un habit court avec des manches, qui ne descendait qu'au-dessous de la ceinture. La tunique des Gaulois, attestée par bon nombre de monuments, prend, sous la plume des auteurs du Bas-Empire le nom de *camisia* qu'elle conservera longtemps après. Il est curieux de lire dans la *vie de Sainte Radegonde* de Fortunat (1) le passage où il est parlé de cette princesse qui, voyageant un jour avec ses plus belles parures, s'arrêta dans une église et déposa sur l'autel, à titre d'offrande, les objets les plus précieux de sa toilette, tels que : ses manchettes (*manicas*), ses coiffes (*cuféas*), ses fines tuniques (*camisas*). Enfin ce qui indique bien que l'emploi de la tunique (camisa) répond très exactement à celui de la chemise chez nous, c'est qu'on la retrouve dans tous les ordres de la société; elle fait aussi bien partie de la toilette des souverains et des princes que de l'habillement du clergé (2).

Dans la société laïque, au IXe et au Xe siècle, on avait également coutume de se vêtir de deux tuniques : celle de dessus avait nom *bliaud*, celle de dessous s'appelait *chainse*. D'après le savant auteur auquel nous empruntons ces détails (3), chainse représente dans le plus ancien français, la forme masculine du mot chemise; bliaud, devenu *bliaude* au féminin, a donné naissance à notre mot blouse. Le chainse était, le plus souvent, de toile blanche : on disait proverbialement : « blanc chainse ». La laine ou la soie fournissait l'étoffe du bliaud. Le bliaud féminin était toujours découpé, au XIe siècle, de façon à laisser voir le bas des manches du chainse. Ces manches étaient artistement plissées autour des bras, et terminées par des manchettes de broderies d'or ou de très larges bracelets.

Au XIIe siècle, apparaissent les longs habillements, sans que pour cela il y ait changement dans les noms employés jusqu'à cette époque. Ainsi le chainse s'est démesurément allongé; placé sous le bliaud, il n'apparaît qu'aux poignets et par le bas de la jupe. Voici la description du chainse : « Le corps du chainse est en forme de sac, les manches ressemblent à un entonnoir; l'encolure est si étroite qu'on a dû, pour faciliter le passage de la tête, pratiquer une fente en long, en général sur le côté gauche. C'est au moyen d'un bouton qu'on attache le pan résultant de la couture. La fente est le plus souvent dissimulée par des galons ou des rubans. L'étoffe est en fin tissu de fil. ».

Au XIIIe siècle de même qu'au XIIe, les prédicateurs, du haut de leurs chaires, tonnent contre le luxe qui envahit et corrompt la société. Le fait de coudre des chemises d'un luxe immodéré est regardé par Jacques de Vitry comme métier criminel.

Et quand, allant plus loin dans la coquetterie, les femmes font fendre leurs surcots pour montrer la richesse de leurs chemises, pour laisser voir, le sein découvert, la blancheur de leur peau, les prédicateurs appellent ces fentes les *fenêtres de l'enfer.*

Au XIVe siècle, la chemise est toujours une des parties les plus importantes de la toilette.

Une gravure du temps nous montre le roi Jean, vêtu d'une grande robe à manches étroites, au-dessus de laquelle on voit s'étaler une chemise blanche échancrée qui entoure le col et se rabat sur la poitrine. L'usage de la chemise ne persiste pas la nuit; ce n'est que fort tard que la chemise a été employée comme costume nocturne. La coutume d'Agen porte, art. 5 : l'homme ou la femme pris en adultère doivent être pris l'un sur l'autre nus dans un lit, ou qu'ils aient les hauts-de-chausse avalés. Cette coutume date d'environ 1367.

Sous le règne de Charles VII, le faste devient une frénésie et cela, malgré les malheurs de la patrie. L'exemple est donné par le roi et par Agnès Sorel; grands vassaux et peuple se jettent dans tous les excès du luxe le plus furieux. La misère est à son comble, les pauvres vont sans chemise. Alain Chartier pousse vainement en faveur des pauvres ce cri de détresse :

« Vous nous voyez, nuds, sans chemise ! »

L'acte d'accusation de Jeanne d'Arc prouve de la façon la plus formelle que la chemise fait partie du costume masculin. Le plus flagrant de ses crimes, et d'ailleurs le seul reconnu vrai, consistait dans le fait de s'être habillée en homme, au mépris du *Deutéronome* du concile de Chalcedoine. Voici comment s'exprimait l'article 12 de l'acte d'accusation : « Renonçant tout à fait aux habits de son sexe, Jeanne s'est fait couper les cheveux à la manière des varlets, et s'est mise à porter *chemise*, brayes, gipon, chausses longues. »

Sous Louis XI, en 1467, le charmant écrivain, dont la chronique continue celle de Froissard, Monstrelet, parle avec une pittoresque indignation du costume dont les hommes s'affublent : « En ce temps, dit-il, les hommes en vinrent à se vêtir plus court qu'ils n'eussent oncques fait, comme l'on voulait de vêtir les singes, ce qui étoit chose très malhonnête et impudique. Ils fesoient fendre les manches de leurs *chemises,* déliées larges et blanches. »

Les fentes du pourpoint qui jusque-là avaient suffi pour laisser voir la chemise, innovation primitivement

(1) Quicherat : *Histoire du costume en France*, p. 96.
(2) *Eod libro*, p. 102.
(3) *Eod libro*, p. 138 et suivantes.

adoptée par les femmes pour montrer leur linge et ensuite leurs épaules, s'augmentèrent de deux fentes à chacune des manches du pourpoint.

Les chemises du xv^e^ siècle étaient presque toutes de fil et de fabrication hollandaise. Le renom des toiles de Hollande était très grand à cette époque tant pour la finesse que pour la blancheur merveilleuse du tissu. Le linge montré aux bras, s'exhiba plus tard sur l'estomac, aux épaules, aux cuisses même. Ce ne furent plus que fentes et taillades. Le costume des femmes du xv^e^ siècle présente les mêmes singularités que celui des hommes.

Le règne de François I^er^ met à la mode le pourpoint décolleté et échancré, comme le corsage de la robe des femmes. L'attache du cou est entièrement à découvert. Le bord supérieur de la chemise est terminé par une petite garniture plissée et froncée : plus tard cette ornementation deviendra la collerette. La première apparition des collerettes et manchettes fraisées date de l'an 1540. Pendant près de quatre-vingts ans leur succès défia les caprices de la mode. La collerette était à un ou plusieurs rangs, eu général tuyautée et fortement empesée. Blaise de Vignières décrit ainsi un jeune homme qui portait une collerette : « L'autre, comme la teste passée à travers une meule de moulin : goderonnée à tuyau d'orgues de vingt-cinq ou trente lez douz et menus... »

Henri III, à son retour de Pologne, tenta de remplacer la collerette par le col uni à l'italienne (1); mais ne réussit pas à assurer le succès de cette réforme. Il fit revivre l'usage de la collerette et en augmenta encore la circonférence, ce qui faisait dire, avec propos, à Pierre de l'Estoile qu'« à voir la teste d'un homme sur ces fraises, il semblait que ce fût le chef de saint Jean dans un plat. » « Ces beaux mignons » dit encore P. de l'Estoile, « portaient les cheveux longuets, frisés et refrisés, remontant par dessus leurs petits bonnets de velours, comme font les femmes; et leurs fraises de chemises de toille d'atour empesées, et longues de demi-pied «. Enfin certains écoliers faisant allusion à la collerette du roi disaient : « A la fraise, on connaît le veau ».

Les femmes prennent également la collerette fraisée. D'abord la fraise est relevée contre la nuque ; à la fraise succède un col immense; il se déploie en forme d'éventail, encadre le cou et est maintenu par des filés d'archal ou de laiton.

Le règne de Henri IV répudie les pompes et les excentricités de la toilette; le roi donne le premier l'exemple de la simplicité ; quand il entre à Paris, sa garde-robe ne se compose que de cinq mouchoirs et d'une douzaine de chemises, pour la plupart en mauvais état.

Les premières années du règne de Louis XIII se distinguent par un redoublement du luxe ; il est poussé à ce point que dans l'assemblée des notables tenue en 1629, des adversaires éloquents et résolus s'élèvent et tonnent contre lui. Un édit, rendu la même année, leur donne satisfaction mais les élégants ne s'en inquiètent pas et ne tiennent aucun compte des édits et ordonnances. S'il faut en croire Tallement des Reaux, un sieur Pardaillon a coutume, avant de faire visite aux gens, de fermer les rideaux de son carrosse et clandestinement de se parer de dentelles ; les visites faites, il les enlève de la même façon.

Les dentelles étaient le principal ornement de la toilette des hommes et des femmes; on en garnissait le bord des chemises, les manchettes et jusqu'au bas des bottes (V. CHAUSSURE) ; on en appliquait des bandes sur toutes les parties du costume.

Aux fraises et aux rotondes succéda une pièce de linge de linon ou de tissu transparent et léger qui prit le nom de *rabat*. M. Quicherat (1) dit « qu'on ferait un dictionnaire des dénominations sans nombre appliquées aux diverses sortes de rabats : rabats dentelés, rayonnés, cannelés, houppelés, rabats à la reine, à la guise, à la guimbarde, à la neige, à la fanfreluche, etc. »

Sous le règne d'Anne d'Autriche, la recherche du linge fut poussée jusqu'à ses dernières limites; la souveraine en donnait l'exemple. Elle appréciait tellement la finesse du linge, que les chemises, même de la plus légère et de la plus moelleuse batiste, lui paraissaient rudes. Aussi Mazarin disait-il : « Le châtiment de Madame la reine mère, en purgatoire, sera de coucher dans des draps de toile de Hollande. »

Sous Louis XIV la chemise d'homme prit plus d'ampleur que jamais, on donna le nom de *jabot* au devant de la chemise bouillonnant sur le pourpoint. Les pans du pourpoint s'écartaient vers le bas et le jabot montait en s'élargissant et en se développant jusqu'à la hauteur du cou.

L'auteur des *Lois de la galanterie* nous donne l'explication et la définition du jabot :

« Vous scaurez, dit-il, que comme le cordon et les aiguillettes, s'appellent la *petite oie,* l'on appelle un jabot l'ouverture de la chemise sur l'estomac, laquelle il faut toujours voir avec ses ornements de dentelles, car il n'appartient qu'à quelque vieil penard d'être boutonné tout du long. »

Molière, dans son *Don Juan*, a fait la description la plus pittoresque et la plus amusante du costume des gens de cour de son temps, dans la scène où Pierrot voulant en donner une idée à Charlotte, lui dit :

« Que d'histoires et d'enguigorniaux boutent ces Messieurs là, les courtisans... Ils ont des chemises qui *ont des manches* ou j'entrerions tout brandis, toi et moi...; au lieu de rabat, *un grand mouchoir de cou à réseau* avec quatre grosses houppes qui leur pendent sur l'estomac. Ils ont itou d'autres *petits rabats au bout* des bras et de grands entonnoirs de passement aux jambes. »

Sous les règnes de Louis XV et Louis XVI, la chemise conserve les mêmes dimensions et a la même importance que sous Louis XIV. On continue à porter la chemise à jabot avec des cols et manchettes de dentelle. A partir de cette époque le linge tend à prendre une place de plus en plus considérable et de plus en plus visible, surtout dans la toilette des hommes.

C'est dans le *Dictionnaire encyclopédique* de Diderot qu'on trouve les détails les plus complets sur la chemise du xviii^e^ siècle.

D'après les encyclopédistes, la chemise d'homme « est de toile plus ou moins fine suivant la condition des personnes... » Elle mesure trois aunes (1^m^,20 l'aune); « deux aunes pour les morceaux du corps et une aune pour les manches : sur cette aune, on fait une levée de la hauteur d'un demi-quart ou environ, qui sert pour le col, l'épaulette, l'écusson, les goussets, les petits points des côtés et la petite pièce des devants. Il ne faut pas que la toile ait plus des deux tiers de large (0^m^,80) au moins. » Il suffit à des gens du métier de lire cette description pour reconnaître que la chemise décrite par Diderot ne diffère pas sensiblement d'un sac ou d'une chemise militaire. Que de progrès et d'améliorations accomplis depuis cette époque! Et cependant, ce n'est guère que depuis 1820 ou 1825 que la chemise a été l'objet d'études et de soins particuliers. C'est en passant des mains des ouvrières à domicile et des ménagères, dans celles de véritables confectionneurs et de fabricants que la chemise a donné naissance à une industrie des plus actives et des pl. s importantes.

INDUSTRIE DE LA CHEMISERIE. L'industrie de la chemiserie se divise en deux catégories distinctes mentionnées par les rédacteurs des enquêtes et les différents rapporteurs de nos Expositions :

(1) *Journal de Henri III, Henri IV,* etc., par P. de l'Estoile, édition Foucault, 1826, t. I, p. 123.

(1) Quicherat : *Histoire du costume*, p. 467.

elle comprend la *chemiserie de luxe* et la *chemiserie d'exportation*; en d'autres termes, la *chemiserie de gros* et la *chemiserie de détail.*

Nous lisons dans l'enquête faite sur l'industrie de la lingerie-chemiserie, en 1850, à l'époque de l'Exposition : « Avant 1830, les chemises étaient généralement faites à façon par les lingères : ce fut seulement vers cette époque qu'un fabricant, nommé Lamy-Houssel, apporta des soins tout particuliers à la coupe et s'attacha à donner à la chemise la précision que les tailleurs mettent dans la confection des habits. Son exemple ayant été suivi par d'autres industriels, la fabrication de la chemise devint l'objet d'une industrie spéciale, aujourd'hui très prospère.

« Cette fabrication comprend la chemise de luxe et la chemise d'exportation. »

Les chemises de luxe sont confiées à des ouvrières libres ou à des entrepreneuses, et il ne faut pas moins d'une journée pour en confectionner une. La façon est payée de 1 franc à 1 fr. 50, et pour une chemise plus riche, qui exige une demi-journée de plus, de 2 à 3 francs.

Les chemises d'exportation sont, en général, fabriquées par des entrepreneurs ou dans les ouvroirs, les maisons religieuses et les prisons. Chez les entrepreneurs, l'ouvrière reçoit par chemise 25 centimes, 30 centimes, 50 centimes, quelquefois même jusqu'à 1 fr. 25 pour des chemises tout à fait soignées. Une ouvrière peut faire de cinq à six chemises de 25 centimes à 50 centimes et une seulement de 1 fr. 25 à 1 fr. 50. Dans les ouvroirs la façon des chemises ne dépasse jamais de 1 fr. 25 à 1 fr. 50 ; dans les maisons religieuses et dans les prisons, les prix sont très variables.

Après avoir donné des détails sur l'historique de la lingerie, le rédacteur de l'enquête de 1860, parlant de la chemise de femme, dit qu'elle occupe une place importante parmi les objets confectionnés par les lingers ; il ajoute « les chemises de luxe, surtout celles du prix le plus élevé, en batiste fine avec broderies et dentelles, sont expédiées en Russie, à New-York et à la Nouvelle-Orléans; on en exporte aussi pour l'Espagne et le Portugal; malheureusement la Saxe nous fait, pour cet article, une concurrence sérieuse. »

« Le travail est organisé dans la lingerie comme dans l'industrie des modes. »

« Les maisons les plus importantes font exécuter elles-mêmes tous leurs travaux dans leurs ateliers, mais le plus grand nombre des lingères est obligé d'avoir recours à des sous-entrepreneurs, qui, parfois, à leur tour, emploient d'autres sous-entrepreneurs. Ces sous-entrepreneurs, auxquels l'enquête a dû consacrer un tableau spécial, n'ont à s'occuper que de la façon. On leur donne généralement les objets tout taillés et prêts être cousus ; quelquefois cependant on leur remet le tissu en pièce. »

« Les prisons et les établissements religieux travaillent aussi pour plusieurs fabricants de lingerie ; mais on ne fait dans les pénitenciers que les articles communs tandis que la lingerie fine est confiée en général, aux ouvrières des couvents. »

L'enquête de 1872 faisant avec une plus grande sobriété de détails que les précédentes, le tableau du développement des industries du vêtement, donne sur la chemiserie les renseignements suivants :

« La fabrication des chemises, surtout pour les chemises de détail, est répandue sur toute la surface de notre pays ; il n'y a pas une grande ville en France où l'on ne rencontre de nombreux chemisiers, faisant des chemises sur commande, mais c'est à Paris qu'il faut chercher le centre le plus important de cette industrie. La fabrication des chemises de gros et d'exportation est localisée dans quelques départements, dont les plus connus sont : la Seine, la Seine-Inférieure, le Nord, le Cher, l'Indre, l'Indre-et-Loire et la Gironde. »

Les matières premières employées pour la chemise sont les tissus de coton, de toile et de laine pour les chemises de flanelle.

Nous tirons nos tissus de coton principalement des Vosges, de la Normandie et de l'Alsace ; quelquefois de l'Angleterre, très rarement de la Suisse. C'est seulement, depuis 1871, que l'Alsace n'est plus pour nous le grand marché des tissus de coton. Il est notoire que les pays annexés étaient le principal centre de la fabrication des tissus de coton blancs et imprimés ; que notre industrie y puisait les plus riches matériaux ; que grâce à ses produits, notre industrie de la chemise s'était assuré la clientèle et l'admiration du monde entier. Depuis que ces quelques millions de broches alsaciennes nous ont été arrachées, et malgré tous les efforts tentés pour les remplacer, le tissage du coton est resté privé de ses plus fins et plus délicats produits.

Si la suppression de la fabrication d'Alsace constitue un vide regrettable pour le tissu blanc, ce vide est encore plus sensible quand il s'agit des tissus de couleur. Rien n'a pu remplacer ces magnifiques collections que l'Alsace préparait avec tant de discrétion, élaborait avec tant de soin et mettait au jour avec une si riche abondance. Elle a bien pu et su imposer ses impressions pour les beaux articles, pour les cretonnes et percales fines, mais elle n'a pas pu lutter pour les articles moyens et ordinaires. L'Angleterre et la Normandie se sont disputé le marché français : Rouen paraît l'avoir emporté, surtout pour l'article commun. Rouen fait assurément très bien l'impression, mais en visant au bon marché, au chiffre, il lui a fallu chercher des économies sur les frais généraux et sur la main-d'œuvre. Les dessins sont beaucoup moins variés et moins distingués que ceux des collections d'Alsace ; les tissus employés beaucoup plus communs et moins réguliers ; en somme l'impression est moins soignée et moins fine. Si nous avons aussi longuement insisté sur les qualités des produits des pays annexés, ce n'est pas seulement parce que nous en déplorons la perte, en notre double qualité de Français et de manufacturier, c'est aussi parce que ces produits en passant en pays étranger, ont servi, servent et serviront longtemps encore, pour notre malheur, de matériaux à nos concurrents d'outre Rhin. L'annexion de l'Alsace a porté à notre industrie le coup le plus rude qui pût la frapper. Jamais, sans la triste guerre de 1870, la lingerie n'aurait pu prendre, en Allemagne, un développement aussi rapide et aussi considérable.

Les tissus de fil, quand ils s'appliquent aux chemises d'hommes et de femmes et aux faux-cols, collerettes et manchettes, sont presque toujours tirés d'Irlande.

Les tissus de laine viennent presque tous de Reims, très rarement de Glasgow. La chemise de flanelle n'a jamais pu prendre une très grande extension comme article d'exportation ; elle est plutôt, en France, destinée à la consommation intérieure et du ressort des chemisiers de détail. Cela tient surtout à ce que nous ne sommes pas arrivés à produire des tissus de laine d'un prix réduit. Il nous semble que, si une ville manufacturière quelconque parvenait à établir des tissus de laine convenables de 70 centimes à 1 franc, la chemise de flanelle serait appelée à devenir l'objet d'une exploitation considérable.

Si nous examinons avec attention la fabrication française, elle se recommande à nous par de grands progrès accomplis au point de vue de la coupe. C'est ainsi que nous avons vu figurer à l'exposition de 1878 : des chemises avec double plastron ou double devant que les uns appellent *chemise reversible* et les autres *chemise renaissance* : des chemises se boutonnant sur le côté ou par derrière ; des chemises sans boutonnières ; des chemises à devant infroissable ; des chemises-gilets ; des chemises-cuirasses (dont le plastron adhère à la poitrine la plus maigre).

Sans vouloir citer tous les modèles intéressants, nous

sommes heureux de montrer que tout ce que la chemiserie produit de nouveau est d'origine française.

Nous voyons sans étonnement des maisons de détail annoncer un chiffre d'affaires de 200.000, 400.000, 600.000 et même 800,000 francs. Cette fabrication est presque entièrement parisienne, en raison de la rapidité et des soins minutieux qu'elle demande. Chaque maison fait vivre, 100, 200, 300 ouvrières travaillant le plus souvent chez elles. L'intermédiaire entre le chemisier et l'ouvrière est le plus souvent un entrepreneur qui habite des quartiers excentriques.

Dans les maisons de gros, il y a une tendance qui s'accentue chaque jour à fournir du « bien fini » en conciliant cette qualité avec des prix qui restent fort modestes. Là est le salut de l'industrie, si nous désirons qu'elle conserve le premier rang et ses débouchés dans la population française et sur les marchés étrangers. Nos maisons de gros arrivent à un chiffre d'affaires fort imposant. Peu, sinon jamais, de chômage. Toute la fabrication a son foyer principal à Paris, que les produits soient destinés à la France ou à l'exportation.

Les maisons de gros sont dignes d'être comparées pour le « bien aller » et le « bien fini » aux maisons de détail. Il n'est pas rare même que les formes nouvelles et les améliorations soient dues aux fabricants en gros. Quelques-uns de ces derniers atteignent à des chiffres d'affaires de 2, 3 et 4 millions de francs et font travailler de deux à trois mille ouvrières. En dehors de Paris, où le nombre des ouvrières chemisières employées par le gros et par le détail est considérable, des départements, presque tout entiers, tels que l'Indre, le Loir-et-Cher, le Cher voient les mains féminines employées à la confection de la chemise. Dans l'Indre seul, les entrepreneurs consacrés à la fabrication des chemises ont, dans certaines années, produit pour près de dix millions de cet article.

En résumé, l'industrie de la chemise est une des plus considérables et des plus intéressantes de notre pays. Elle fait vivre un nombre considérable d'ouvrières et distribue sur toute la surface de la France un chiffre incroyable de salaires ; en outre, à la différence de beaucoup trop d'autres industries, elle permet à la jeune fille et à la femme de travailler au foyer domestique et d'échapper aux dangers si redoutables des petits et des grands ateliers !

Grâce à l'intelligence des fabricants, grâce au zèle et à l'habileté des ouvrières, jusqu'à présent l'industrie de la chemise a été presque un monopole parisien, français. Depuis la guerre, malheureusement, il n'en est plus ainsi et chaque jour les étrangers font de nouveaux efforts pour nous enlever et pour s'approprier cette industrie. L'Exposition de 1878 en a fourni la preuve pour plusieurs pays : ainsi pour l'Angleterre, l'Espagne, la Russie et l'Autriche. Bien qu'elle n'ait pas exposé, la Prusse surtout est à craindre ; c'est elle qui, maîtresse de l'Alsace et accoutumée à contrefaire les marques, les noms et les étiquettes des produits et des maisons les plus renommés, tend, depuis quelques années, à nous chasser des marchés qui nous ont toujours appartenu.

Les fabricants qui représentent cette industrie voient, avec préoccupation, mais sans effroi, les progrès réalisés par les étrangers ; ils comptent sur leurs efforts, sur leur travail et sur leur goût pour résister aux entreprises du dehors. Habitués à ne tenir compte que de l'initiative individuelle et à ne rien solliciter de l'État, ils ne demandent aux pouvoirs publics que d'affranchir les matières premières de toute espèce de droits et d'appliquer, en ce qui les concerne, les principes les plus larges de la liberté des échanges. — J. H.

— V. *Rapport sur les accessoires du vêtement ; Rapport sur les cols-cravates ; Lingerie pour hommes et pour femmes*, par Julien HAYEM.

III * **CHEMISE.** *T. techn.* Revêtement métallique extérieur ou intérieur qui recouvre ou isole les contours de l'organe que l'on désire protéger.

Chemise des arbres d'hélice. Les arbres d'hélice sont recouverts par une chemise en cuivre rouge de 4 à 6 millimètres d'épaisseur, sur toute la longueur du tube d'étambot, pour mettre cet arbre à l'abri du contact de l'eau de mer. Cette chemise n'est autre chose qu'un long tuyau droit dont le diamètre intérieur est égal au diamètre de l'arbre ; le plus souvent elle est en deux morceaux réunis entre eux par un joint à recouvrement dont les bords et les rivets sont très soigneusement matés, pour empêcher toute infiltration. Elle est enfilée sur l'arbre au moyen d'une presse hydraulique ; elle porte à ses deux extrémités un chanfrein intérieur dans lequel on chasse de l'étoupe goudronnée ou du chanvre enduit de céruse et de minium, le cuivre est ensuite rabattu par-dessus cette garniture avec un matoir de manière à s'opposer à toute entrée de l'eau. Les portées de l'arbre, sur la chaise d'étambot et dans le presse-étoupe à la sortie du tube d'étambot, sont garnies d'un manchon en bronze.

Sur les petits arbres d'hélice, on remplace parfois cette chemise par une couche de métal antifriction que l'on coule directement sur l'arbre ; ce procédé est loin d'être aussi efficace que la chemise en cuivre rouge. L'antifriction se gerce sous les efforts de torsion que subit l'arbre, l'eau arrive en contact avec deux métaux différents, il s'établit alors une action galvanique assez énergique, pour creuser des sillons qui, à la longue, compromettraient la solidité de l'arbre.

Chemise des pompes à air. Les cylindres, en fonte, des pompes à air sont garnis d'une chemise en bronze, pour prévenir l'oxydation rapide qui se développerait sous l'action de la présence continuelle de l'eau de mer et les rugosités qui résulteraient de cet effet. Cette chemise est maintenue contre les parois au moyen de goujons à tête noyée dans l'épaisseur du métal.

Chemise de cylindres à vapeur. Les cylindres à vapeur des machines actuelles, dans lesquelles on tend à utiliser de plus en plus le principe économique des grandes détentes, sont garnis d'une chemise qui laisse un certain jour entre le cylindre proprement dit et l'enveloppe du cylindre ; on établit une circulation de vapeur dans l'espace libre. En agissant ainsi, on a pour but de garantir le cylindre contre les effets de refroidissement extérieur et de celui qu'il subit lors-

qu'il se trouve en communication avec le condenseur, pendant la durée de l'évacuation de la vapeur, en outre, de restituer à la vapeur une partie de la chaleur qu'elle dépense pendant l'acte de la détente. C'est donc surtout aux cylindres détendeurs que la chemise est le plus utile.

Dans les machines dites *à piston*, où les cylindres verticaux sont placés à la partie supérieure, on prend parfois la vapeur dans le coffre à vapeur des chaudières, elle circule dans la chemise, les fonds et les couvercles des cylindres et retourne à la chaudière par des tuyaux convenablement disposés qui se réunissent en un tuyau commun dont l'aboutissement est situé contre la chaudière, en contre-bas du niveau d'eau.

Parfois le réchauffage des cylindres est opéré par la vapeur destinée au fonctionnement de la machine, elle contourne d'abord les deux cylindres détendeurs puis le cylindre admetteur (lorsque la machine est à trois cylindres). Parfois enfin, cette circulation de vapeur est établie au moyen d'un tuyau réchauffeur longeant la machine et armé d'autant de tubulures qu'il y a de cylindres.

Avec le premier mode de circulation, il n'est pas nécessaire de placer une purge au point le plus bas pour chasser l'eau provenant de la vapeur condensée dans les enveloppes, puisque cette eau retourne naturellement à la chaudière ; cette précaution est indispensable avec les autres modes de circulation, attendu que cette eau possède environ 537 calories de moins qu'un poids égal de vapeur; elle contribuerait donc très peu au réchauffage des cylindres.

On adopte diverses dispositions pour les chemises des cylindres à vapeur. Les Forges et Chantiers de la Méditerranée emploient une chemise en fonte, portant des nervures dont la saillie est égale à l'intervalle existant entre l'extérieur de la chemise et l'enveloppe du cylindre ; ces nervures sont découpées en certains points pour permettre la circulation de la vapeur.

Pour assurer l'étanchéité de la chemise, on fait à la partie supérieure un joint avec un mastic de fonte à limaille très fine ; la partie supérieure est tournée de manière à former une queue d'aronde avec le pourtour de l'enveloppe ; une cale circulaire en fer est alors chassée dans cette queue d'aronde jusqu'à ce qu'elle la remplisse complètement. Lorsque le marteau donne un son à peu près semblable à celui qu'il produirait en choquant un métal homogène, on cesse le battage et on affleure la cale. La chemise est retenue dans le sens de la hauteur par des goujons taraudés mi-partie dans l'enveloppe et mi-partie dans la chemise; ces goujons sont mis en place et affleurés avant de présenter la cale.

Les chemises des cylindres fournis par le Creusot portent une collerette que l'on boulonne sur le fond des cylindres.

Dans les machines d'Indret, la chemise et l'enveloppe font corps, elles sont obtenues par une coulée de fonte à noyaux. Le métal employé par Whitworth à la confection des chemises est l'acier comprimé à la presse hydraulique, mode de fabrication qui a beaucoup contribué à la réputation de ce célèbre manufacturier.

* **CHEMISER.** *T. de bijout.* Revêtir d'un métal précieux une pièce de bijouterie d'un autre métal. || *T. de chim.* Garnir une cornue d'un enduit de nature à la préserver de l'action du feu.

* **CHEMISERIE.** Etablissement où l'on fabrique, où l'on vend des chemises.

CHEMISETTE. Vêtement de linge, sans manches, qui descend depuis les épaules jusqu'aux hanches. || Devant de chemise qui se met sur la poitrine et sur la chemise, lorsque celle-ci n'est plus propre et que l'on veut économiser les fréquents blanchissages de la chemise entière. || Corsage de linge à l'usage des femmes dont le col est orné de broderies ou de dentelles.

* **CHEMISIER, ÈRE.** *T. de mét.* Celui ou celle qui confectionne ou qui vend des chemises.

CHENAL. *T. techn.* Passage long et étroit, par lequel les navires peuvent passer, et qui sert à les faire entrer dans un port. C'est aussi la partie la plus navigable du lit d'un fleuve, d'une rivière, et qui est indiquée par des signaux extérieurs.—V. Canal. || Petit canal, souvent sinueux, qui permet de conduire un navire dans le bassin d'une écluse. || Courant d'eau pratiqué pour l'usage d'un moulin, d'une usine. || Conduit ménagé le long d'un toit pour l'écoulement des eaux pluviales, mais, dans ce sens, *chéneau* est plus usité.

CHÊNE. *T. de bot.* Genre d'arbres de la famille des castanéacées qui a donné son nom à la série des quercinées, dont il est le type.

On connaît au moins trois cents espèces de chênes. Ces arbres, très répandus en France, couvrent environ quatre millions d'hectares, c'est-à-dire la moitié de la partie boisée de notre pays.

— En vertu du service qu'il rend, le chêne a toujours été vénéré, et on le voit figurer chez les anciens, dans un grand nombre de cérémonies civiles ou religieuses. La fable faisait vivre à l'intérieur de ces arbres, les Dryades et les Hamadryades ; on se souvient des oracles que rendaient les chênes de la forêt de Dodone. Chez les Grecs et les Romains, l'arbre qui fût plus tard dédié à Jupiter, servait à faire des couronnes civiques, une des plus belles récompenses que l'on décernait alors aux citoyens qui avaient bien mérité de la patrie; actuellement encore, les couronnes de chêne, mais en papier, sont distribuées dans les solennités scolaires. On connaît aussi le cérémonial avec lequel, les prêtres des Druides, allaient cueillir sur le chêne, le gui sacré que l'on distribuait au peuple au renouvellement de l'année.

Nous ne parlerons pas ici de la culture du chêne, nous réservant de traiter seulement des espèces qui offrent de l'intérêt au point de vue de leur utilisation.

Les parties du chêne que l'on emploie le plus sont : 1° le *bois*, sujet sur lequel nous n'avons rien à ajouter, renvoyant à l'article Bois, pour avoir des renseignements sur sa dureté, sa résistance et ses avantages, dans la construction ou l'ébénisterie ; 2° l'*écorce* qui est employée à cause du principe spécial qu'elle contient, un tannin, tout à fait différent de celui fourni par une autre production du chêne, la noix de galle.

Le tannin de l'écorce porte le nom d'*acide querci-tannique*, il donne, par la distillation sèche, du pyrogallol et de la pyrocatéchine, et ne fournit pas par oxydation d'acide gallique ; il précipite la gélatine et forme avec elle un composé bien plus stable que celui produit par l'action de l'acide tannique ordinaire, ou mieux acide gallo-tannique, avec cette matière albuminoïde. C'est là la raison pour laquelle les tanneurs sont obligés, dans leur industrie, d'employer l'écorce de chêne, et non le tannin. Il existe environ de 7 à 10 0/0 d'acide querci-tannique dans les jeunes tiges, cultivées pour donner l'écorce. Outre de l'acide que nous venons d'indiquer, on trouve encore dans cette partie du chêne, un produit cristallisable et amer, la *quercine* (Gerber). L'écorcement se pratique en mai, au moment de la sève ascendante, sur les arbres de 12 à 15 ans, quelquefois sur les arbres abattus, mais plus généralement sur les chênes sur pied. — V. Écorcement.

L'écorce de chêne épuisée dans les tanneries, est encore employée comme moyen de chauffage économique, en la moulant en disques de cinq centimètres d'épaisseur ; ce sont les *mottes*. Les horticulteurs utilisent aussi ce tan épuisé pour remplir les bâches des serres chaudes. Il se développe, par suite d'une fermentation lente, qui dure fort longtemps, une chaleur douce qui hâte la végétation des plantes. Nous allons traiter plus loin de l'écorce du chêne-liège. 3° les *glands* ou fruits du chêne. La plupart des chênes possèdent des fruits d'une saveur âcre et désagréable. Ils sont employés surtout à la reproduction des forêts, et servent encore à la nourriture des bêtes sauvages et des porcs. On dit cependant que la farine de gland, dépouillée de son amertume, par une macération peu prolongée dans une lessive alcaline, peut servir à l'alimentation, et qu'elle entre dans la composition du produit connu sous le nom de *racaout des Arabes*. Il est possible qu'à un moment, on ait essayé de faire ainsi cet aliment, mais actuellement ce produit n'est qu'un mélange de cacao pulvérisé, de sucre et de fécule. Il existe des chênes donnant des glands doux; de ce nombre sont le *chêne Ballote* (*q. ballota*, L.), *le chêne vert* (*q. ilex*, L.), *le chêne liège* (*q. suber*. L.), etc.

Dans quelques pays on extrait des glands doux une *huile* d'une bonne qualité. On connaît de plus le *café de glands doux* que M. Lecoq, de Clermont-Ferrand, obtenait par la simple torréfaction et pulvérisation des fruits du chêne ballote. C'est un succédané du *café* (V. ce mot), encore assez répandu.

4° Les *galles* ou excroissances, qui naissent sur les parties jeunes de certains chênes, mais surtout sur les rameaux et les feuilles du *chêne des teinturiers, quercus lusitanica*, Webb., var. *infectoria*, ou *quercus infectoria*, Oliv. ; ces galles se produisent par suite de la piqûre qu'un insecte hyménoptère, le *Diplolepis gallæ-tinctoriæ*, Latr., fait aux jeunes bourgeons, avec sa tarière. Ces produits (V. Noix de galle) sont sous forme de masses arrondies, dures et pesantes, et sont en grande partie constituées par de l'*acide tannique* (V. ce mot) ou *acide gallo-tannique*, et la fécule qui sera nécessaire à la nourriture de la larve, laquelle sortira de l'œuf introduit dans la piqûre. La maroquinerie, la teinture, la fabrication des produits chimiques et de l'encre, l'impression sur étoffes, emploient beaucoup d'acide tannique. Il y en a environ de 60 à 70 0/0 dans les galles de bonne qualité, avec un peu d'acide gallique, lorsque les excroissances se sont très rapidement développées.

En dehors de ces galles, il se produit parfois sur la cupule du gland de *chêne-rouvre* de nos pays, *quercus robur*, Lin., des galles très irrégulières, qui portent surtout sur un des côtés du gland, et proviennent de la piqûre d'un autre insecte hyménoptère, le *Cynips quercus calicys*, Latr. Certains produits commerciaux appelés *gallons du Piémont* ou de Hongrie, de Falonia, de Knoppern, de Styrie, d'Esclavonie, de Croatie, de Natolie, n'ont pas d'autre origine. Les gallons du chêne rouvre, du chêne Tanzin, du *quercus Cerris*, L., *quercus humilis*, Lamk., *quercus ægylops*, L., *quercus taurica*, Kotsch., *quercus Vallonia*, Kotsch., sont récoltés dans le midi de l'Europe, mais sont bien moins riches en tannin que les galles du chêne des teinturiers.

5° La *manne* du chêne, produit sucré et assez rare, que l'on mange quelquefois, mais qui, vu la petite quantité que l'on en peut recueillir, n'est pas susceptible d'applications.

Parmi les espèces de chêne les plus utiles et les plus employées, nous devrons citer :

(*a*) Le *chêne rouvre, quercus robur*, L., ou chêne ordinaire de nos pays. Il se trouve abondamment dans les forêts de France, d'Angleterre, de Belgique, de Suisse, etc. On en a fait les variétés suivantes : le *chêne pédonculé, quercus pedunculata*, Ehr., ou chêne blanc, chêne femelle, Gravelin ; et le *chêne à feuilles sessiles; quercus sessifoliata*, Martyn, ou chêne à grappes, chêne rouge, chêne mâle, rouvre. Une autre variété assez commune dans les bois, et très voisine des espèces précédentes, est le *chêne à trochets* ou *à petits glands, quercus glomerata*, Lin.

(*b*) Le *chêne à galles, quercus lusitanica*, Webb., variété *infectoria*. Cet arbre est très rare en France, mais abondant dans la zône comprise entre le Bosphore et la Syrie, et depuis les côtes de l'Archipel jusqu'en Perse, c'est-à-dire en Turquie, en Morée, en Istrie, dans le Levant. On le retrouve aussi, quoiqu'en moindre quantité, en Italie : dans les Abruzzes et la Romagne ; en Syrie, surtout aux environs de Soriau ; en Esclavonie, près d'Ungarn ; en Chine, à Bokhara, etc.

(*c*) Le *chêne jaune* ou *quercitron, quercus coccinea*, Wangen. ; c'est un arbre d'Amérique, pouvant atteindre 25 à 30 mètres de hauteur, et dont l'écorce sert en teinture pour obtenir une belle couleur jaune. Son épiderme noir lui fait parfois donner le nom de *chêne noir, quercus nigra*, L. ; il est abondant dans les forêts de la Pensylvanie, des Carolines, de la Géorgie.

— Ce fût en 1755, qu'un chimiste anglais, Bancroft, fit connaitre sa valeur comme matière tinctoriale. Un acte du parlement lui en assura l'emploi exclusif pendant un certain temps, de même qu'en France, un privilège

de six années fût accordé à un Rouennais, Bunel, qui seul avait le droit de livrer aux indienneurs et aux teinturiers le quercitron qui leur était nécessaire.

En 1818, on tenta de l'acclimater en France par des semis faits à Paris, dans le bois de Boulogne, puis on essaya encore sa culture dans le département de la Seine-Inférieure, de 1821 à 1833. Les semis ont très bien réussi dans ce département; on voit dans cinq ou six endroits, près Rouen, de beaux quercitrons, mais ils n'ont jamais été exploités et ce que l'on emploie de quercitron nous vient de Philadelphie, de New-York ou de Baltimore (V. QUERCITRON). On ne peut donc dire quelle est la valeur tinctoriale des chênes acclimatés.

L'écorce de l'arbre préalablement débarrassée de l'épiderme qui renferme une grande quantité d'une matière colorante fauve, est broyée sous des meules. On préfère dans le commerce la poudre obtenue par cette mouture, aux débris ligneux qui se produisent pendant l'opération, car ces derniers sont deux fois moins riches en principe colorant que la poudre.

(*d*) Le *chêne-liège* proprement dit, est le *quercus suber*, Lin. ; mais une variété très voisine, le *chêne occidental*, *quercus occidentalis*, J. Gay., est souvent confondue avec lui, parce que son écorce donne également du liège. La meilleure manière de les distinguer l'un de l'autre, est d'observer la maturation des fruits ; ceux du chêne occidental sont mûrs à la fin de la première année, tandis que les glands du premier ne mûrissent que la seconde année.

Les chênes-liège se voient dans les parties occidentales de l'Europe méridionale et de l'Afrique septentrionale. Dans le jeune âge, leur écorce n'offre rien de particulier, mais par la suite, une des parties constitutives de cette écorce, celle que l'on désigne sous le nom de *zône subéreuse*, se développe considérablement, et comme elle s'augmente chaque année d'une nouvelle couche, facile à reconnaître à la teinte plus foncée que présente la partie péridermique, il en résulte un accroissement considérable. Dans les régions où l'on cultive le chêne-liège, on pratique même sur cette écorce différentes opérations qui ont pour but de donner un liège plus fin et plus souple.

Le chêne-liège vient bien dans les lieux pierreux, exposés au sud et légèrement abrités. Un sol dérivé de terrains primitifs ou de transition, lui convient surtout, mais il réussit également dans les sables de Gascogne, et exceptionnellement on le trouve en Catalogne, planté dans les vignes, dans l'intervalle des ceps, et donnant des produits remarquables. Les semis qui ont été faits dans le Var, sur un terrain de même nature, ont également bien prospéré, probablement à cause des soins que l'on donne à la vigne, et dont il profite.

On trouve des forêts de chêne-liège, en France : dans les départements du Lot-et-Garonne, des Pyrénées-Orientales, du Var, des Alpes-Maritimes et des Landes. Le plus estimé est celui de Barbaste.

En Algérie, dans les environs de La Calle, de Bône ; la forêt d'Edough, près de cette dernière ville, est des plus considérables, et presque uniquement formée par ces arbres. Leur découverte ne date que de 1846 ; dès cette époque le gouvernement français commença à affermer ces forêts, qui aujourd'hui offrent une superficie exploitée de plus de 300,000 hectares, bien que les Arabes les aient plusieurs fois détruites par l'incendie. La Corse et la Sardaigne possédaient aussi de belles forêts de chênes-liège, mais elles ont été à peu près épuisées, par un système de récolte employé par les Compagnies anglaises qui étaient concessionnaires. L'Espagne et le Portugal sont les contrées les plus riches en chênes-liège (Séville, Sétubal, Porto). La Toscane, la Calabre, la Sicile exportent également de grandes quantités de liège.

Le chêne-liège ne produit qu'au bout d'un espace de temps assez long, souvent vingt ans, car sa première écorce, ou *liège-mâle*, que l'on enlève à l'âge de 9 à 10 ans, suivant les sujets, est crevassée et rugueuse, et n'a guère d'emploi. L'opération qui consiste à débarrasser les arbres de cette première écorce, porte le nom de *démasclage*. Lorsque la forêt est d'accès facile, on vend cette écorce à raison de 10 francs le kilogramme environ, pour en faire des bouées, des madragues (filets pour pêcher le thon), ou bien encore obtenir, par distillation, un noir très léger ; mais, le plus souvent, ce produit est abandonné dans une partie de la forêt, ce qui constitue un préjudice pour l'exploitation, en même temps que cela augmente et perpétue les chances d'incendie, si grandes dans les pays chauds.

Au bout de huit ou douze nouvelles années, la seconde écorce a acquis une épaisseur convenable, et l'exploitation véritable va commencer. La récolte peut se faire suivant deux systèmes : celui des *coupes* ou *périodes régulières*, qui se pratique sur toute une surface forestière, et se faisait même à une époque (1849) d'après le cahier des charges imposé aux concessionnaires, avec abattage des arbres ; ou bien celui du *furetage* ou *jardinage*, qui n'opère que sur les arbres où la couche subéreuse a atteint au moins l'épaisseur minimum de 23 millimètres, ainsi que cela est imposé par l'article 8, paragraphe 2 du cahier des charges. Cette récolte est la seule rationnelle, la seule qui assure les intérêts des exploitants, et la seule qui fournisse des produits comparables ; car, si l'on a bien vite reconnu que l'abattage était monstrueux, puisque chaque arbre peut fournir dix à douze récoltes, avant d'être épuisé, avec les procédés nouveaux de culture qu'a indiqués M. Capgrand-Mothes à la Société des Agriculteurs, dans la séance du 18 février 1882, on peut être sûr d'obtenir un rendement bien supérieur à celui donné jusqu'à ce jour.

Jusqu'à présent, en effet, bien que l'on ait enlevé le liège-mâle, par le démasclage ou la tire, les couches les plus extérieures des nouvelles écorces du *lard* ou *mère*, offraient fréquemment encore des parties crevassées et irrégulières, dues au dessèchement superficiel de l'enveloppe cellulaire. On les enlevait par les opérations désignées suffisamment par leurs noms de *bouillantage* et de *râclage*, puis on soulevait l'écorce fine. Pour extraire le liège, on commence par faire avec une serpette, deux incisions sur l'écorce, à une distance égale à celle que doivent posséder les plaques, puis on fait deux

autres incisions verticales et parallèles entre elles. En chauffant légèrement avec un réchaud, les plaques se détachent. On n'a plus qu'à les laisser sécher, pendant un temps qui souvent allait jusqu'à six mois, pour les livrer aux fabricants de bouchons: Ce procédé d'exploitation ne donnait environ que 50 à 60 0/0 de la production. M. Capgrand-Mothes est parvenu à éviter une grande partie des inconvénients signalés, en rétablissant les conditions primitives sous lesquelles le chêne produit son liège utilisable. Il entoure l'arbre ayant subi le démasclage, d'un *revêtement protecteur*, cette enveloppe abritant les arbres contre l'insolation (laquelle en fait périr un grand nombre), et contre les agents extérieurs, empêche la formation des croûtes et des crevasses, et double presque la production du liège. La Société des agriculteurs a accordé à M. Capgrand son grand prix, en 1882, pour l'introduction de ce procédé, dans l'exploitation des chênes-liège.

L'importation en liège a été en France, pour l'année 1879, de 4,516,000 francs, et l'exportation de 3,875,000 francs. L'industrie nationale a donc tout avantage à favoriser cette culture.

(*e*) Le *chêne velani, quercus ægilops,* L., croît dans les îles de l'Archipel grec, dans les forêts de la Cilicie, de l'Isaurie, sur les côtes de l'Asie mineure, et encore dans quelques pays de l'Orient. Les calices ou cupules de ses fruits sont désignés sous les noms de *gallons du Levant, avelanèdes, vallonnées*. Ils nous viennent surtout de Turquie, par Trieste, et sont employés pour le tannin qu'ils contiennent.

(*f*) Le *chêne vert, quercus coccifera,* L., est un petit arbrisseau, qui ne dépasse jamais en hauteur 1 mètre à 1^{m},50 et qui croît dans les lieux arides et pierreux. On le retrouve dans les parties méridionales de la France, de l'Algérie, de l'Espagne et de l'Italie, mais il est surtout abondant dans le Levant, dans les îles de l'Archipel grec, notamment à Candie, puis au Maroc. Dans ce dernier pays, il constitue la vraie richesse des populations montagnardes, des Amazirgans, des Skilogs surtout, qui récoltent sur ses feuilles, et c'est là la seule récolte du pays, le *kermès*, (*coccus ilicis*, L., ou *lecanium ilicis*, Lam.), insecte hémiptère, également connu sous le nom de *graine d'écarlate*, à cause de la couleur qu'il fournit.

Ce chêne, qui était déjà connu des Levantins au temps de Moïse, a été cultivé en grand dans la Provence, jusqu'au moment où l'introduction chez nous, de la cochenille, a fait cesser l'emploi du kermès.

(*g*) Le *chêne Yeuse, quercus ilex,* L., est facilement reconnaissable à ses feuilles persistantes; il se trouve en France, en Angleterre, ainsi que dans d'autres régions, mais il ne fait pas l'objet d'une culture spéciale, car la seule partie qui soit utilisable, la galle qu'il fournit, est bien moins riche en tannin que celle du Levant.

Chêne des Antilles. On donne ce nom à un arbre de la famille des Bignoniacées, le *catalpa longissima*. Il croît à la Martinique, et ce nom de chêne lui a été donné par suite d'analogie, son bois et son écorce servant en teinture et dans le tannage, aux mêmes usages que les chênes véritables. — J.C.

CHÉNEAU. *T. de constr.* Conduit de pierre, de terre cuite, de bois ou de métal qui sert à diriger les eaux pluviales vers la gouttière ou le tuyau de descente.

— Les chéneaux, dont les ruines des monuments grecs et romains nous offrent quelques exemples, disparurent vers l'époque romane, l'eau s'écoulait alors directement des toits sur le sol. Ce n'est que vers la fin du XII^{e} siècle dans le nord de la France que les chéneaux reparaissent, ils offrent alors une saillie extérieure considérable et sont supportés souvent par des arceaux en saillie sur la construction. La face extérieure du chéneau est très élevée au-dessus du fond et cette disposition paraît correspondre à la nécessité de retenir les neiges, les tuiles ou les ardoises qui pouvaient tomber en dehors de l'édifice. Des gargouilles laissaient écouler les eaux de distance en distance à l'extérieur; mais plus tard, afin d'éviter les infiltrations qui se produisaient, on fit des larmiers très saillants en forme de chéneau, mais sans gargouille, et les eaux s'écoulaient par des issues placées sous la face extérieure.

Dès le XIV^{e} siècle, les chéneaux étaient faits avec grand soin, les pierres étaient liées au moyen d'un ciment formé de grès pilé et de litharge dans certains points même; on employait, en outre, l'huile de lin. Le ciment était coulé dans une rainure pratiquée sur le joint même.

La disposition la plus simple des chéneaux des habitations privées consistait à placer des corbeaux de pierre dans les murs et à adapter sur ceux-ci des rigoles en bois évidé formant à la fois chéneau et gargouille. Dans les contrées riches en pierres, les chéneaux furent faits en pierres jointes entre elles par un ciment et reposant également sur des corbeaux; mais afin de diriger l'eau pouvant provenir des fissures, qui étaient à craindre à travers le ciment des joints, les corbeaux possédaient une rainure située sous le joint; ces rainures faisaient des corbeaux, autant de gargouilles.

Dans les constructions usuelles, les chéneaux sont faits en maçonnerie ou en bois mais garnis de zinc, à agrafement spécial. Malgré les soins pris pour faciliter les dilatations, il se produit toujours dans le zinc, au bout d'un certain temps, des gerçures et par suite des fuites qui inondent et détériorent la maçonnerie. Il est donc nécessaire d'apporter certaines précautions dans l'emploi du zinc, car il est d'un prix relativement élevé et, par son contact avec le plâtre, rapidement détruit.

Pour remédier à ces inconvénients on emploie depuis un certain temps déjà des chéneaux en fonte. Le chéneau n'est ici, comme pour le zinc, qu'un conduit placé dans le chéneau proprement dit, les canaux en fonte sont joints ensemble par des bandelettes en caoutchouc interposées entre les joints et serrées au moyen d'agrafes spéciales. De nombreuses installations ont été faites avec ces chéneaux et paraissent donner d'excellents résultats. La dilatation se fait librement grâce à la multiplicité des joints et la présence du caoutchouc; combien de temps peut résister ce dernier, quelle dépense peut résulter du remplacement de ces bandelettes de jonction? c'est ce que l'expérience démontrera.

CHENET. Ustensile de cheminée composé de deux barres de métal placées de chaque côté de

l'âtre et destinées à soutenir le bois pour en activer la combustion.

— Il est impossible d'assigner une date certaine à la création de cet ustensile domestique; il est probable que jusqu'au XIVe siècle, époque à laquelle remontent les premiers chenets qui nous soient parvenus, on mettait les bûches sur celles déjà enflammées, ou bien on les soutenait horizontalement au moyen d'autres bûches posées debout, de façon à ménager un passage à l'air. La rapide combustion de ces bûches verticales a fait recourir aux pierres ou aux briques comme soutien, et enfin au moyen âge, on a imaginé deux supports de fer pour soutenir le bois. Le génie artistique du XVe et du XVIe siècles revêtit le chenet de beaux sujets décoratifs; on y employa le fer, le bronze, l'or, le cuivre travaillés, avec une extrême délicatesse et une grande richesse de goût. De nos jours, l'industrie parisienne est alimentée par quelques artistes de talent, qui, avec une fécondité rare de motifs d'ornements bien appropriés, ont créé des modèles justement remarqués à nos dernières expositions.

* **CHENETTE.** *T. de typogr.* Petite gouttière.

CHÈNEVOTTE. Paille du chanvre et du lin qui tombe au moment du teillage. || Brin de chanvre avec lequel, autrefois, on faisait les allumettes.

CHÈNEVIS. Graine du chanvre avec laquelle on fait de *l'hyile*. — V. ce mot.

CHENIL. Outre le lieu où l'on renferme un ou plusieurs chiens, on donne ce nom au bâtiment où sont logés les officiers et les équipages de chasse.

CHENILLE. On désigne sous ce nom une sorte de passementerie veloutée qui a les apparences de la chenille et qui est utilisée pour bordures d'habits, garnitures pour boîtes, pour globes de verre qui servent à recouvrir des objets d'art, etc. Autrefois la chenille se fabriquait presque exclusivement à la main, mais aujourd'hui elle se fait généralement à la mécanique. Sur un métier convenablement agencé, on dispose une série de fils de chaîne répartis par groupes et séparés par des espaces vides de la largeur voulue. On tisse ainsi une étoffe qui, à intervalles réguliers, n'est composée que de fils de trame; on coupe à la main ou mécaniquement au milieu de chaque intervalle, et il en résulte des bandes étroites dans lesquelles les fils transversaux dépassent, de chaque côté, d'une certaine quantité de lisière au bord de la chaîne. Ces bandes, portées sur le métier à retordre, fournissent la chenille sous sa forme définitive. || Genre de tapis qui se fabrique à Amiens. || *T. de cost.* Habillement négligé que les hommes portaient, autrefois, avant de faire leur toilette. || Dans le cost. militaire, crinière de casque, non flottante à poil court.

CHÊNON. *T. techn.* Vitrage dont toutes les pièces paraissent liées entre elles comme les anneaux d'une chaîne.

* **CHENOT** (CLAUDE-BERNARD-ADRIEN), ingénieur, né en 1803, mort en 1855. Il ouvrit, dit le *Dictionnaire de Larousse*, la plupart des mines aujourd'hui en exploitation en Auvergne, prit un brevet en 1826, pour l'extraction du fer au moyen du charbon mêlé au minerai en poudre, inventa un appareil pour obtenir des éponges métalliques de fer (1832), parvint à rendre solubles les sels de soufre et de phosphore que renferment les combustibles, et à transformer ces mêmes combustibles en gaz, découverte qui donne une économie des neuf dixièmes dans la production des métaux.

* **CHÉPU.** *T. techn.* Billot du tonnelier.

* **CHERCHE.** *T. d'arch.* Nom de toute courbe à plusieurs centres qu'on ne peut décrire d'un seul trait de compas, comme les panneaux qui servent à former le cintre d'une voûte, etc. || Planche de volige découpée pour régler les saillies et les cavités d'une pierre à tailler.

* **CHERCHE-FICHE.** *T. techn.* Outil du serrurier qui sert à dégager l'aile d'une fiche enfoncée dans le bois on dit aussi *cherche-pointe*.

* **CHERCHE-FUITE.** *T. techn.* Outil du gazier pour découvrir les fissures qui se produisent dans une conduite de gaz.

* **CHERCHEUR DE COMÈTES.** Les chercheurs de comètes sont des lunettes astronomiques de petites dimensions, disposées de manière à permettre une rapide exploration du ciel, afin que l'astronome puisse, sans perte de temps, trouver une comète annoncée, ou même en découvrir une nouvelle. Ces instruments doivent être montés équatorialement, c'est-à-dire que la lunette doit se mouvoir autour de deux axes perpendiculaires dont l'un est parallèle à l'axe du monde, tandis que l'autre reste, par conséquent, toujours parallèle au plan de l'équateur. Il suffit alors d'adapter à la monture deux cercles divisés, respectivement perpendiculaires aux deux axes de rotation, pour qu'on puisse obtenir, par une seule lecture, l'ascension droite et la déclinaison de l'astre, dès qu'on l'aura trouvé dans le ciel.

* **CHÉRET** (JEAN-LOUIS LACHAUME de GAVAUX), peintre décorateur français, né à la Nouvelle-Orléans, en 1820. Son père aurait été un compositeur de musique de quelque réputation, mais c'est à tort qu'on a pu le confondre avec Gaveaux, auteur de nombreux opéras-comiques dont quelques-uns ont obtenu des succès populaires, tels que le *Bouffe et le tailleur*, le *Petit matelot*, etc.

Louis Chéret manifesta de bonne heure un goût prononcé pour le dessin et la peinture. Elevé dans de modestes conditions, il resta longtemps dans l'atelier de Philastre et Cambon, où il était considéré comme un élève studieux et comme un ouvrier zélé.

Il y avait en ce temps-là des théâtres secondaires qui réussissaient sans grand bruit de réclames et sans afficher de prétentions au luxe des premières scènes; le jeune Chéret, plein d'imagination, nouvel échappé de l'atelier, commença à travailler pour ces théâtres: il brossa pendant longtemps des toiles fort intéressantes sans que son nom arrivât au public.

Son premier grand succès fut le fameux décor des glaces, de la *Prise de Pékin*, drame militaire, donné en 1856, au Cirque olympique du boulevard du Temple, sous la direction d'Hippolyte Hostein.

Chéret, mis tout à coup en lumière, devint alors le peintre à la mode des théâtres du boulevard.

L'énumération des toiles qu'il peignit pour la Gaité, l'Ambigu, la Porte St-Martin, puis le Châtelet, comprendrait en quelque sorte tous les ouvrages donnés sur ces théâtres depuis un quart de siècle. On est sûr de rappeler les souvenirs du public en citant, au hasard, l'Aquarium de *Peau d'âne*, le Pays des oiseaux de la *Chatte blanche*, la résurrection de Pompéi, du *Roi Carotte*, les merveilles de *Cendrillon*, le Volcan du *Voyage dans la lune*, les quinze tableaux de l'*Arbre de Noël*, le décor tartare de *Michel Strogoff*, etc.

Appelé, grâce à la notoriété qu'il avait acquise, à prendre part à la réfection des décors de l'Opéra, lors de l'installation dans la salle actuelle, Louis Chéret a peint, entre autres, le Lac de *Guillaume Tell*, le premier acte du ballet de *Sylvia*, le Désert du *Roi de Lahore*, les moulins du premier acte du *Prophète*, les bords du Nil, d'*Aïda*, le second acte du *Tribut de Zamora*, etc.

Les dernières maquettes signées de son nom sont celles des trois premiers tableaux de *Quatre-vingt-treize*, le drame tiré du roman de M. V. Hugo, et représenté à la Gaîté pendant l'hiver de 1881.

La santé de Louis Chéret, depuis plusieurs mois atteinte, avait paru se rétablir, lorsqu'une rechute l'emporta en quelques jours, le 6 janvier 1882.

Chéret, artiste d'imagination et praticien d'une habileté exceptionnelle, était un homme d'une grande simplicité et d'une extrême modestie. Il connaissait admirablement le théâtre, et tout en causant avec le calme et la douceur qui lui étaient particuliers, il donna plus d'une fois d'excellents conseils aux directeurs et même aux auteurs des pièces pour lesquelles il avait des travaux à exécuter.

Chéret avait été décoré de la Légion d'honneur : l'accueil fait à cette distinction par le public, par la presse et par l'unanimité des confrères de l'artiste, prouva qu'elle n'était que la juste récompeuse d'une vie entièrement consacrée au devoir et au travail.

CHÉRUBIN. *T. de peint.* et de *sculpt.* Tête d'enfant ailée qui représente un ange. || *T. de mét.* Dans les ardoisières d'Angers, nom que prennent les anciens ouvriers pour se distinguer des nouveaux-admis dans la carrière.

* **CHERRY-COAL.** *T. techn.* Houille anglaise, molle, tendre, qui s'écrase sous une forte pression.

* **CHESSY-LES-MINES.** Connu par ses mines de cuivre déjà exploitées du temps des Romains. Le minerai est formé de cuivre pyriteux et de pyrite de fer. Ces mines, abandonnées sous Richelieu ont été reprises avec succès depuis. En 1839, les mines de Chessy ont donné, avec celles de St-Bel placées à côté d'elles, 6,140 tonnes de minerai et la fonderie de Chessy 905 quintaux métriques de cuivre rosette, représentant une valeur de 212,000 francs.

Depuis, le gisement s'est appauvri en cuivre et plus tard ces pyrites n'ont plus été employées que pour la fabrication de l'acide sulfurique. Le minerai de Chessy et de St-Bel était employé par toutes les fabriques d'acide sulfurique de France, sauf quelques usines des environs de Marseille, alimentées par le bassin d'Alais et quelques petites usines du Nord qui s'approvisionnaient en Belgique. Cette pyrite, contenant 44 à 46 0/0 de soufre, était recherchée parce qu'elle n'était que peu arsenicale, que sa gangue fournissait peu d'acide carbonique, et aussi parce qu'en s'exfoliant, elle brûlait très bien dans les fours. La production de Chessy et St-Bel, cédés à l'administration de St-Gobain a été, en 1874, de 120,000 tonnes. La pyrite de St-Bel ne renferme plus de cuivre du tout, celle de Chessy en renferme encore 1 à 2 0/0 qui en sont extraits.

* **CHESSYLITE.** *T. de minér.* Carbonate naturel de cuivre que l'on trouve à Chessy (de là son nom), et qui se présente en beaux cristaux bleus. — V. BLEU § *bleu de montagne.*

* **CHESTER.** Sorte de fromage anglais très estimé en France.

* **CHÉTRON.** *T. techn.* Tiroir dans l'intérieur ou sur le côté d'un coffre.

* **CHEVAGE.** *T. techn.* Opération qui consiste à chever une pierre précieuse. || Action de donner au verre ramolli par la chaleur la forme d'un moule.

* **CHEVAL.** *T. techn.* 1° Siège à l'usage des ouvriers ardoisiers pour façonner l'ardoise. || 2° *cheval de terre.* On donne ce nom, dans les carrières de marbre, aux espaces où le marbre manque, et qui sont remplies par une matière terreuse et molle. || 3° *Cheval vapeur.* Unité conventionnelle pour évaluer la force des machines à vapeur (V. plus loin l'article spécial). || *Cheval de frise.* Dans la *fortif.*, sorte de retranchement qui consiste en une grosse poutre carrée, traversée par plusieurs rangs de pieux de bois, armés de pointes de fer. Il est ainsi nommé parce qu'il a été employé pour la première fois, dit-on, dans la Frise, au siège de Groningue (1594). || 5° On donne aussi le nom de *cheval de frise* ou *patte de coq*, à un support en usage dans certaines fabriques de poteries. || 6° *Art hérald.* Se dit d'une figure de cheval représentée de profil ; elle symbolise le courage. *Cheval gai*, sans bride, ni licol ; *cheval courant*, celui dont les quatre pieds sont en l'air ; *cheval animé*, celui dont l'œil est d'un émail différent ; *cheval effaré*, celui qui est cabré sur ses pieds de derrière. || 7° *Myth. Cheval marin.* Animal fabuleux qu'on représente avec le devant d'un cheval et une queue de poisson. || 8° *T. techn. Cheval alimentaire.* On donne ce nom dans les ateliers qui renferment des chaudières à vapeur à une petite pompe auxiliaire ayant un moteur spécial actionné par la vapeur de la chaudière et qui sert à alimenter celle-ci. Outre cet appareil dont l'usage est intermittent, on emploie également pour assurer l'introduction de l'eau dans la chaudière une pompe actionnée continuellement par le piston de la machine à vapeur, ou bien les injecteurs qui sont devenus aujourd'hui d'un usage universel, même sur les machines fixes. Le cheval alimentaire fournit donc un appareil de sécurité auquel on a recours quand on ne veut pas mettre en mouvement la machine elle-même, ou que la pompe principale est hors

d'état de fonctionner Il arrivait aussi fréquemment autrefois que les injecteurs refusaient le service, surtout lorsque l'eau d'alimentation était un peu trop chaude, ou la pression trop faible dans la chaudière ; mais comme les types d'injecteurs qu'on construit actuellement ne ratent presque jamais, même dans ces conditions défavorables, l'emploi du cheval alimentaire n'est plus aussi indispensable.

* **CHEVAL-VAPEUR.** (*Horse power*, angl. et le plus souvent H. P. en abréviation). Nom de l'unité dynamique créée par Watt pour représenter la puissance de ses machines à vapeur. A la suite d'expériences sur le travail que pouvaient fournir les plus forts chevaux des brasseurs de Londres, il arriva à un chiffre de 33,000 livres élevées à un pied par minute. Il imagina un mot pour exprimer le travail mécanique : *foot-pound,* livre-pied.

Remarquons en passant que l'on ne trouve jamais l'expression *feet-pounds,* livres-pieds, dans les ouvrages anglais, parce qu'en analysant ce mot on reconnaît qu'il s'agit d'un certain nombre de *livres* élevées à un pied ; logiquement nous devrions écrire kilogrammes-mètre pour la même raison, mais l'usage de l'écriture en un seul mot avec la marque du pluriel à la fin et la suppression de *me* a prévalu.

Si nous convertissons les 33,000 livres élevées à un pied par minute en kilogrammètres par seconde, nous aurons

$$\frac{33000 \times 0^{k},4534}{60 \times 3,281} = 76^{km},004$$

$0^{k},4534$ valeur de la livre anglaise ; 3,281 valeur du mètre en pieds anglais ; km. abréviation de kilogrammètre.

Le travail mécanique ou dynamique d'une force quelconque est le produit de l'intensité de cette force, en kilogrammes, par le chemin parcouru, en mètres, que suit le point d'application dans la direction de la force. Si l'on élève un poids de 400 kilogrammes à 20 mètres de hauteur avec un palan, on réalise un travail égal à

$$400 \times 20 = 8,000 \text{ km.}$$

Qu'un manœuvre monte 10 fois à une hauteur de 20 mètres en portant une charge de 40 kilogrammes, il aura également réalisé un travail *utile* de 8,000 km.

Le kilogrammètre est l'unité de travail. Notons bien que dans les deux exemples ci-dessus, il n'est nullement question du temps employé à accomplir le travail. Lorsque l'on veut comparer de grandes forces entre elles, l'unité de travail est le cheval-vapeur, il représente une force capable d'élever 75 kilogrammes à 1 mètre de hauteur *en une seconde,* soit 75 km. Le chiffre de 75 a été adopté en France, dès le commencement de l'apparition des machines à vapeur ; notre cheval-vapeur est donc légèrement inférieur au cheval-vapeur anglais.

Pour un travail continu le cheval-vapeur peut remplacer trois chevaux vivants ; il produit un travail équivalent à celui de 36 hommes travaillant en relève d'une manière continue.

Origine de quelques formules en usage pour la détermination de la force des machines à vapeur. La force d'une machine à vapeur se déduit des efforts observés sur une courbe d'*indicateur* (V. ce mot) instrument qui permet d'apprécier exactement l'effort moyen exercé sur le piston pendant toute la durée de sa course.

Nous avons déjà dit que le travail est égal à l'effort exercé multiplié par le chemin parcouru. La formule générale du travail d'une machine quelconque est donc $T = F^{k} \times E^{m}$ (1). Elle donne un certain nombre de kilogrammètres qu'il suffit de diviser par 60×75 pour obtenir la force de la machine en chevaux-vapeur, si l'observation a été faite pendant une minute.

Dans une machine à vapeur, l'effort F, en kilogrammes, est représenté par

$$F = \frac{\pi D^{2}}{4} \times p^{c/m} \times \frac{10330}{76}$$

$\frac{\pi D^{2}}{4}$, surface du piston ; p, nombre de centimètres de mercure ; $\frac{10330}{76}$, valeur de la pression pour chaque centimètre.

Le chemin parcouru E est égal à :

$$\frac{2cn}{60}$$

c, course (un tour comprend deux fois la course, l'allée et la venue du piston) ; n, nombre de tours par minute ; 60, diviseur employé pour avoir la vitesse par seconde.

Si nous remplaçons F et E par leurs valeurs dans l'équation (1), nous aurons :

$$T = \frac{\pi D^{2}}{4} \times p^{c/m} \times \frac{10330}{76} \times \frac{2cn}{60} \times \frac{1}{75} =$$ la force en chevaux-vapeur.

En réunissant les facteurs numériques, on a en remplaçant la lettre T par la lettre F :

$$F = \frac{3,14159 \times 10330 \times 2}{4 \times 76 \times 60 \times 75} \times D^{2} cnp^{c/m},$$

ou :

$$F = \frac{1}{\frac{4 \times 76 \times 60 \times 75}{3,14159 \times 10330 \times 2}} \times D^{2} cnp^{c/m} =$$

$$\frac{1}{21,075} \times D^{2} cnp = \frac{D^{2} cnp^{c/m}}{21,075}$$ par cylindre (2).

Cette formule a figuré pendant plusieurs années sur les tableaux d'expériences de recette des machines à vapeur ; elle a fait place à la formule suivante, depuis que les manomètres ont été gradués en kilogrammes :

$$F = \frac{D^{2} cnp^{k}}{0,28647}$$ par cylindre (3).

formule à laquelle on arrive en remplaçant p exprimé en centimètres de mercure par la pression correspondante en kilogrammes ; si pour $1^{k},033$ on a 76 centimètres pour un kilogramme de pression, on aura $73^{cm},5721$. En écrivant p^{k}. au numérateur, nous avons donc divisé le numérateur de la formule (2) par 73,5721, nous devons donc

également diviser le dénominateur par ce nombre, or

$$\frac{21,075}{73,5721} = 0,28647.$$

La formule (3) est celle inscrite aujourd'hui sur tous les imprimés que l'on doit remplir lors de la recette des machines à vapeur fournies à l'Etat. On relève des courbes d'indicateur, sur chacun des côtés du piston et sur chacun des cylindres dont se compose la machine, pendant toute la durée de l'expérience, à des intervalles égaux. On en déduit l'effort moyen dans chaque cylindre. Les nombres de tours sont exactement relevés au moment où on prend les courbes, on prend aussi note du nombre de tours total pendant les 6 heures que dure l'expérience à la vitesse maximum. La force ainsi déterminée a reçu le nom de *force indiquée* (*Indicated Horse Power ou I. H. P.*) ; chaque cheval de cette force est désigné par le même qualificatif.

Cheval indiqué. Le cheval indiqué représente donc un travail de 75 km., par seconde, mesuré sur les pistons d'une machine. La force indiquée exprime le travail total de la machine ; pour obtenir la force ou la puissance réelle disponible sur l'arbre de la machine, le total obtenu doit être affecte d'un coefficient K, dit coefficient de rendement sur l'arbre. D'après des expériences faites sur des machines de terre au moyen du frein de Prony, ce coefficient a les valeurs suivantes :

Puissance de la machine	Valeurs de K Machine à un cylindre		Puissance de la machine	Valeurs de K Machine à un cylindre	
	sans *condensation*	avec *condensation*		sans *condensation*	avec *condensation*
1	0.48		30	0.78	0.71
2	0.55		35	0.79	0.72
3	0.60		40	0.80	0.73
4	0.63		45	0.81	0.74
5	0.66	0.60	50	0.82	0.74
6	0.67	0.61	60	0.83	0.76
7	0.68	0.62	75	0.84	0.77
8	0.69	0.63	90	0.84	0.77
10	0.70	0.64	100	0.85	0.77
12	0.72	0.65	110	0.85	0.79
15	0.73	0.66	140	0.85	0.80
18	0.74	0.68	180	0.85	0.81
20	0.75	0.68	200	0.85	0.81
25	0.77	0.70			

Pour les machines à deux cylindres la valeur de K doit être diminuée de 1 dixième. On prend habituellement les 0,75 de la puissance indiquée pour la puissance réelle, effective, ou disponible sur l'arbre, dans les grandes machines.

Cheval effectif ou réel. Le cheval effectif ou réel représente un travail de 75 km. mesuré sur l'arbre de la machine.

Cheval nominal. *Nominal Horse Power ou N. H. P.* Lorsque Watt construisit ses machines, il affecta la pression moyenne, déduite d'une courbe d'indicateur, d'une certaine réduction pour tenir compte des résistances secondaires. Il trouva que l'effort moyen ainsi déduit, était egal à $8^l,5$ par pouce carré, il retrancha $1^l,5$ et n'introduisit dans ses calculs que 7 livres pour valeur de l'effort moyen exercé par pouce carré de la surface du piston. Cette surface étant égale à

$$\frac{\pi D^2}{4},$$

l'effort total est par suite exprimé par

$$7 \times \frac{\pi D^2}{4}.$$

Le chemin parcouru étant représenté par V en pieds, ou ce qui revient au même par

$$\frac{2cn}{60},$$

le travail de la machine est exprimé par

$$7 \times \frac{\pi D^2}{4} \times V.$$

Il obtenait ainsi un total de livres-pied qu'il suffit de diviser par 33000 pour avoir la force de la machine en chevaux nominaux.

$$N.H.P = 7 \times \frac{\pi D^2 \times V}{4} = \frac{21,99113\, D^2 V}{33000} = \frac{\frac{D^2 V}{33000}}{\frac{1}{21,99113}} = \frac{D^2 V}{6000};$$

telle est l'expression de la formule anglaise, dite *formule de l'amirauté* pour la représentation de la force nominale.

D, diamètre du cylindre en pouces; V, vitesse en pieds par minute.

En convertissant ces données en mesures françaises, on arrive à la formule suivante :

$$\text{Force nominale} = \frac{D^2 cn}{0,59} \text{ par cylindre } (4).$$

Remarquons que cette formule donnait la force réelle sur l'arbre; le coefficient K, qu'on peut appliquer aux machines de l'époque, étant estimé à 0,82, à cause de leur mouvement très lent, la valeur du cheval indiqué était donc $\frac{75}{0,82} = 91$ kilogrammètres.

Aujourd'hui cette expression de force nominale n'est propre qu'à jeter la confusion dans les esprits, mieux aurait valu la rejeter complètement et exprimer la puissance des machines par le nombre de chevaux de 75 km., prévus sous les pistons. On la comparerait avec la puissance indiquée réalisée lors des essais des machines, on aurait ainsi la valeur de l'écart dans les calculs. Pour mieux établir leur réputation, les constructeurs vendent des machines dont les chevaux nominaux ont valu, d'année en année, 200, 300, 525 km. et même davantage.

Pendant « l'ère de Watt », la pression dans les chaudières a été conservée à peu près uniforme, la vitesse et l'effort moyen sous les pistons étaient sensiblement constants, il n'en est plus de même à l'époque actuelle, où l'effort moyen varie avec la diversité des chaudières, depuis celles à basse pression jusqu'à celles à très haute pression ; sur le *Redoutable*, machine de 6,000 chevaux indiqués, la vitesse maximum est de $2^m,92$ par seconde.

Sur le *Navy List*, annuaire de la marine anglaise, on a établi deux colonnes dans lesquelles sont portées les forces nominale et indiquée. Le rapport entre ces deux forces varie de 1,5 à 7.

Nous faisons ressortir quelques exemples de ces écarts dans le petit tableau ci-dessous, dans lequel nous avons fait entrer trois navires de commerce.

			Force en chevaux		Rapport
			nominaux	indiqués	
Marine militaire	Sultan	Cuirassé	1.200	8.629	7.19
	Hercules	—	1.200	8.529	7.11
	Thunderer, Dévastation	—	800	5.600	7.00
Marine marchande	Wibilia	Paquebot	220	1.200	5.45
	Thornwaldsen	—	350	1.580	4.51
	Vestal	—	300	2.154	7.18

Dans la marine française on observait aussi des écarts assez considérables, mais pourtant pas aussi grands que ceux donnés ci-dessus. Pour sortir de cette confusion, une circulaire ministérielle du 5 mars 1867 a prescrit qn'à l'avenir la puissance en chevaux nominaux d'une machine à vapeur marine sera égale au quart du nombre de chevaux de 75 km. prévus, que la machine est susceptible de développer à toute puissance sur les pistons moteurs.

Le cheval nominal est donc égal à 300 km. sur les pistons.

Lorsque la puissance réalisée aux essais s'écarte trop de celle prévue, on modifie le chiffre de la puissance en chevaux nominaux.

D'après une circulaire de l'Amirauté, la force nominale des machines anglaises fournies pour les bâtiments de l'Etat ne devra pas être inférieure au 1/6 de la force réalisée. Le cheval nominal des machines de la marine militaire anglaise doit donc valoir au moins $6 \times 76 = 456$ km. sur les pistons.

Pour la détermination de la puissance des machines fixes, on emploie généralement la méthode imaginée par Prony; elle consiste à remplacer la résistance que l'appareil moteur doit surmonter par un frottement exercé sur l'arbre. La mesure de ce frottement donne la puissance en chevaux. Le frein de Prony ne donne de bons résultats que jusqu'à 70 chevaux.

Pour les machines plus puissantes on se sert de la formule (2) ou (3).

La puissance développée par les machines des locomotives est donnée approximativement par les formules suivantes:

E, effort de traction, en kilogrammes, nécessaire pour remorquer un poids de 100 kilogrammes sur les rails ; P, poids total du convoi en tonnes de 1,000 kilogrammes ; V, vitesse en kilomètres à l'heure; *v*, vitesse en traction par seconde; *s*, section de face, en mètres carrés que présente le train ; 2,72, coefficient de frottement des véhicules ; 0,094, résistance due aux chocs, secousses et vibrations de la voie ; 0,0048, résistance du vent; 75, nombre de kilogrammètres pour le travail d'un cheval-vapeur, par seconde.

La formule de Harding donne d'abord :

$$E = 2{,}72 + 0{,}094\,V + \frac{0{,}0048\,S\,V^2}{P}$$

La puissance effective de la locomotive se détermine ensuite par la formule :

$F = \frac{EPv}{75} =$ de 300 à 600 chevaux pour les locomotives actuellement en usage.

Formules diverses. On emploie quelquefois la formule:

$$F = \frac{523{,}6 \times D^2 cnp^k}{75} =$$

force en chevaux de 75 kilogrammètres sur les pistons, d'une machine à deux cylindres égaux (5).

Si dans la formule générale (1) nous remplaçons

$$p^{c/m} \times \frac{10330}{76},$$

par $p^k \times 10000$, pression par mètre carré, nous aurons :

$$F = \frac{\pi D^2}{4} \times p^k \times 10000 \times \frac{2nc}{6} \times \frac{1}{75} = \frac{261{,}797 \times D^2 cnp^k}{75}$$

pour un cylindre, ou

$$F = \frac{523{,}6 \times D^2 cnp^k}{75}$$

pour deux cylindres.

Ainsi qu'il est facile de le prévoir, on peut passer de la formule 5 à la formule 3, en multipliant d'abord le dénominateur par 2 pour avoir la puissance engendrée dans un cylindre et divisant ensuite les deux termes par 523,6

$$F = \frac{523{,}6 \times D^2 cnp^k}{75 \times 2} = \frac{D^2 cnp^k}{0{,}28647}$$

par cylindre.

On passerait également de la formule 5 à la formule 4 en remplaçant p^k par $0^k{,}4919$ valeur de la pression par centimètre carré de la surface du piston dans les machines de Watt et le dénominateur 75 par celui 76 valeur du cheval anglais, on obtient ainsi :

$$F = \frac{523{,}6 \times D^2 cn \times 0{,}4919}{76 \times 2} = D^2 cn \times \frac{257{,}59}{112} = \frac{1}{\frac{152}{257{,}59}} \times D^2 cn = \frac{D^2 cn}{0{,}59}.$$

Le plus souvent on introduit un facteur A dans

ces formules pour représenter le nombre de cylindres; la dernière devient alors :

$$F = \frac{A D^2 cn}{0{,}59}$$

que l'on écrit quelquefois $A D^2 cn \times 1{,}6949$, en employant un multiplicateur au lieu d'un diviseur, ce qui revient évidemment au même.

Formule (6) $\frac{7{,}117 D^2 cn (p^{c/m} - 6)}{75}$ = force en chevaux sur les pistons d'une machine à deux cylindres égaux.

On arrive à cette formule, en observant que le poids d'une colonne de mercure de 1 centimètre de hauteur sur 1 centimètre carré de base est égal à $0^k,01359342$; le poids d'une colonne de même hauteur sur un mètre carré de base est donc $135^k,9342$.

A l'époque où cette formule était en vigueur, les machines marines étaient presque toutes à deux cylindres dont les diamètres étaient égaux et dans lesquels l'effort moyen était le même; la puissance des machines pouvait donc être représentée par :

$$F = \frac{2 D^2 \times 0{,}7854 \times 2 cn \times 135{,}9342 \times p^{c/m}}{60 \times 75} = \frac{7{,}117 D^2 cn p^{c/m}}{75}$$

On retranche 6 centimètres sur l'effort moyen, pour tenir compte des résistances secondaires.

Il suffit de remplacer: (p^{cm}. — 6) par $36^{cm}.,2$; 75 par 76 et de diviser le résultat par 2 pour passer de la formule 6 à la formule 4.

Formules nominales diverses. Machines avec condensation.

Formules de Boulton et de Watt :

$$N.H.P. = \sqrt[3]{\frac{C \text{ en pieds} \times D \text{ en pouces}}{60}}$$

Formule à Manchester :

$$N.H.P. = \frac{\text{Surface du piston en pouces carrés}}{23}$$

Formule à Leeds :

$$N.H.P. = \frac{D \text{ en pouces}}{30}$$

Machines sans condensation.

Formule à Manchester :

$$N.H.P. = \frac{\text{Surface du piston en pouces carrés}}{10}$$

Formule à Leeds :

$$N.H.P. = \frac{D \text{ en pouces}}{16}$$

Formule à Glasgow :

$$N.H.P. = D^2 \text{ en pouces carrés}$$

après suppression des chiffres des unités, soit un cylindre de 25 pouces de diamètre; la surface = 490 pouces carrés, la force nominale sera 49 chevaux.

En Amérique :

$$N.H.P. = a \frac{(D-1)^2 + V}{5640}$$

a, nombre de cylindres; D, en pouces; V, en pieds.

Certains constructeurs anglais comptent 1 pied cube d'eau vaporisée ($28^k,3$) pour 1 cheval nominal; en France on a compté autrefois par cheval dit de 30 litres, aujourd'hui on n'emploie pour ainsi dire plus ces dénominations.

STATISTIQUE. On estime à 105,000 le nombre de locomotives actuellement en mouvement sur les voies ferrées; leur travail total représente 30 millions de chevaux-vapeur.

Toutes les machines à vapeur du monde développent un travail que les statisticiens estiment à 46 millions de chevaux. Or, on admet généralement que le cheval-vapeur a la puissance de trois chevaux vivants, et un cheval vivant la force de sept hommes robustes. A ce compte, les machines à vapeur fonctionnant sur la surface de la terre représentent la force de près d'un milliard d'hommes en état de travailler; c'est plus du double de l'effectif des travailleurs correspondant à la population du globe. La machine à vapeur aurait donc triplé la puissance du travail humain.

CHEVALEMENT. *T. de const.* Appareil formé de poutres et de madriers qui sert à étayer un mur, un bâtiment qu'on reprend en sous-œuvre.

CHEVALER. *T. techn.* Poser sur un chevalet. || *Chevaler les cuirs*, les travailler sur le chevalet. || *Chevaler une construction*, l'étayer avec des chevalements.

CHEVALET. *T. techn.* Généralement support qui sert, dans différents métiers, à tenir l'ouvrage élevé ou baissé, afin de travailler plus commodément. || 1° *T. d'expl. de min.* Charpente qui, dans un appareil d'extraction supporte les molettes ou poulies; on l'appelle aussi *belle-fleur*. Les chevalets d'extraction peuvent être rapportés à deux types de construction : 1° l'un porte les molettes dans l'intérieur de quatre montants, 2° l'autre les porte à l'extérieur. La hauteur du chevalet varie de 8 à 16 mètres; elle est d'ailleurs déterminée par la hauteur des bennes ou cages y compris les attaches. Un jeu de 4 à 5 mètres est en général très suffisant. La disposition la plus employée est celle du chevalet à quatre montants inclinés, formé de quatre pièces de 0,40 à 0,30 d'équarrissage reliées entre elles par des traverses et des croix de Saint-André, consolidées par des poinçons et supportées par quatre pieds en fonte. Les paliers des molettes sont supportés par quatre sommiers parallèles posés sur le cadre qui réunit les parties supérieures des quatre montants. Dans plusieurs localités, on a souvent remplacé le chevalet par une maçonnerie solide et élevée sous forme de tour carrée qui supporte les sommiers. || 2° *T. d'art.* Châssis en bois qui soutient le tableau auquel le peintre travaille; quelques-uns sont munis d'une sorte de crémaillère qui permet de hausser ou de baisser le tableau à volonté. || 3° Chez les tonneliers, banc à quatre pieds, muni à l'une des extrémités de morceaux de bois entre lesquels passent les douves que l'on travaille avec la plane. || 4° Chez les artificiers, poteau planté en terre et traversé tout en haut par une barre en fer horizontale qui reçoit les fusées que l'on veut tirer. || 5° *T. de couvr.* Natte de paille que l'on

place sous les échelles étendues sur les combles. || 6° Appareil qui soutient les échafauds, lorsqu'on fait des entablements aux édifices couverts en ardoise, et pour achever la couverture du comble. || 7° *T. de cord. Chevalet d'espadeur.* Planche implantée verticalement au bout d'une pièce de bois qui lui sert de pied. || 8° *Chevalet de commetteur.* Tréteau muni de chevilles de bois qui supporte les torons que l'on veut commettre. || 9° *T. de chaudr.* Banc muni de deux gros anneaux à chaque extrémité qui servent à retenir la bigorne. || 10° *T. techn.* Machine à forer chez certains ouvriers en métaux. || 11° *T. de rubann.* Petite planchette percée de trous, suspendue par des ficelles aux traverses d'en haut du métier et qui servent à maintenir le travail. || 12° *T. de glac.* Assemblage composé de quatre grosses pièces en forme de croix de Saint-André, et placé à l'extrémité de la table de coulage pour supporter le rouleau. || 13° Support qui sert à placer le manchon. || 14° *T. de passem.* Pièce de bois munie d'une poulie à laquelle est fixé un petit morceau de bois et qui a un crochet de fer tournant à chaque bout. || 15° *T. de charp.* Pièce de bois horizontale couchée sur deux montants verticaux. || 16° *T. de constr.* Etai qui sert de soutien aux solives d'un plancher. || 17° *T. de tiss.* Dans les métiers à tisser la soie, support qui reçoit les feuilles de papier, afin de faciliter le remontage des couleurs. || 18° *T. techn.* Instrument du fabricant d'hameçons. || 19° *T. de mar.* Montants qui servent de support à la roue du gouvernail. || 20° Machine munie d'un rouleau pour passer les câbles d'un lieu à un autre. || 21° *T. de typogr.* Dans l'ancienne presse en bois, le *chevalet du tympan* était une petite barre de bois de la largeur du tympan, assemblée en travers sur deux petites barres de bois placées perpendiculairement à ses extrémités, et qui soutenait le tympan dans une position inclinée lorsqu'il était relevé ; le *chevalet de la presse* était un morceau de bois taillé en biseau fixé le long de la jumelle antérieure, et destiné à arrêter le barreau lorsque la platine était levée. || 22° *T. de fact. instr.* Mince pièce de bois qui supporte les cordes tendues sur la table du violon et des instruments de la même famille. || 23° *T. de chamois.* Assemblage de charpente composé de deux montants verticaux de deux mètres environ, surmontés d'une traverse horizontale munie d'une gouttière et d'une règle de bois mobile ; c'est entre cette règle et la gouttière que passent les peaux que l'on travaille. || 24° *T. de corr.* Appareil sur lequel on étend les cuirs. || 25° *T. de dor.* Support des cadres à dorer. || 26° *T. techn.* Etau du treillageur. || 27° *Chevalet de pontonnier.* Pour établir des ponts volants, le génie militaire emploie divers moyens que le lecteur trouvera au mot Pont. || 28° *Chevalet de charron.* On donne encore le nom de chevalet à l'appareil employé par les charrons, les carrossiers et en général par tout possesseur de voiture, pour soulever celle-ci, soit pour le nettoyage des roues, soit pour leur remplacement, soit pour toute autre raison (V. Charronnage). || 29° *T. de filat.* — V. Chevalot.

***CHEVALIER** (Michel), né à Limoges le 13 janvier 1806, mort en novembre 1879. Après avoir fait ses études au Lycée de Limoges, il entra à l'Ecole Polytechnique d'où il sortit premier à l'âge de 17 ans. Reçu ensuite dans le corps des Mines, il fut nommé ingénieur dans le département du Nord. Michel Chevalier séduit par les théories de Saint-Simon, fit à ses convictions le sacrifice de sa carrière administrative. Apôtre plein de zèle de la nouvelle doctrine, il collabora à son organe principal : *L'Organisateur.* Devenu plus tard directeur du journal *Le Globe*, il fit paraître dans cette feuille qu'il rédigeait presque à lui seul, un article intitulé : *La Marseillaise du travail.* C'était peu de temps après la Révolution de 1830 ; la liberté du travail n'existait pas et le gros public fut effrayé. Les polémiques du *Globe* firent condamner son directeur, devant le jury de la Seine, à un an de prison.

M. Thiers, alors membre du gouvernement, réduisit de moitié la peine infligée à Chevalier pour des raisons de doctrine. Il lui confia le soin d'aller étudier aux États-Unis la question des voies de communication. Pendant deux ans, Michel Chevalier, sans perdre de vue le but particulier de sa mission, étudia la situation sociale et le développement de l'Union Américaine. Ses études furent consignées dans des lettres envoyées au *Journal des Débats*, lettres remarquables par leur style, et mettant bien en évidence la sagacité et la profondeur des vues de M. Chevalier. Le jeune ingénieur réunissait aussi ses notes pour l'édification d'un grand ouvrage : *L'Histoire des voies de communication.* Le gouvernement apprécia hautement les travaux de Michel Chevalier, et à son retour d'Amérique, il le chargea de nouvelles études en Angleterre. En 1838, Chevalier publia un livre : *Des intérêts matériels en France, travaux publics, routes, canaux, chemins de fer*, véritable programme tracé pour le gouvernement toujours hésitant devant les grandes entreprises.

Sous le gouvernement de Juillet, Michel Chevalier devint successivement maître des requêtes au Conseil d'État, puis conseiller d'État en service extraordinaire, membre du Conseil supérieur du Commerce, Ingénieur en chef des mines. Il fut nommé député de l'Aveyron en 1845.

Ardent propagateur de la liberté commerciale, Michel Chevalier fonda, avec le concours de Blanqui, Léon Faucher, Wolowski, Bastiat, Joseph Garnier, etc., la *Ligue pour le libre-échange*, la *Société d'économie politique* de Paris et d'autres institutions analogues. En 1848, quand éclata la Révolution, Chevalier combattit énergiquement dans des conférences aux ouvriers, les idées communistes de Louis Blanc sur l'organisation du travail. Avec Léon Faucher et plusieurs autres économistes, il démontra l'inanité des doctrines socialistes.

Il devint membre de l'Académie des sciences morales et politiques en 1851, membre de la commission de l'Exposition internationale de 1855.

Toujours partisan déclaré du libre échange, il provoqua une véritable révolution économique. La conception du traité de commerce en 1860 entre la France et l'Angleterre lui appartient pres-

que entièrement. Passionnément attaché à la réalisation de ses vues, il traverse le détroit et va, sans mission spéciale, trouver Cobden, Bright, Gladstone, développe ses idées économiques, parvient à convaincre ces hommes éminents, et à son retour en France, il obtient l'adhésion de l'Empereur et de ses ministres. Écrivain remarquable, il rédigea *l'Introduction aux rapports du Jury International* de l'Exposition de 1867, excellent travail plein de clarté et d'enseignement et qui n'a point été refait lors des dernières expositions universelles.

Enfin la réussite du percement de l'isthme de Panama et du tunnel sous la Manche est due en grande partie à Michel Chevalier dont les écrits, pleins de charme et de science, ont su porter la persuasion dans les esprits les plus prévenus. Les principaux ouvrages que l'on doit à M. Chevalier sont :

Lettres sur l'Amérique du Nord; Documents pour servir à l'Histoire des voies de communication ; les Intérêts matériels en France ; l'Examen du régime protecteur ; Cours d'économie politique ; Traité de la Monnaie ; l'Isthme de Panama ; la baisse probable de l'or ; les Essais de politique industrielle ; Lettres sur l'organisation du travail et la question des travailleurs ; l'Introduction aux rapports du Jury international de 1867 ; *les Brevets d'invention.*

M. Chevalier a collaboré pendant une cinquantaine d'années au *Journal des Débats*, à la *Revue des Deux-Mondes*, à l'*Economiste Français ;* la plupart de ses articles parus dans cette dernière publication ne sont pas signés ; les principaux traitent du régime des chemins de fer, du tunnel sous la Manche, de l'isthme de Panama, du phylloxera.

Président pendant 18 ans du Conseil général de l'Hérault, son œuvre administrative, pendant ce laps de temps, fut immense ; elle se trouve malheureusement éparse dans une multitude de rapports, d'enquêtes, etc.

* **CHEVALIÈRE.** *T. de bijout.* Bague large et épaisse, ornée d'un chaton de même métal que la bague. — V. Cachet.

* **CHEVALLIER** (Alphonse), chimiste, né en 1793 à Langres, a eu les débuts les plus modestes. Garçon de laboratoire de Vauquelin dès l'âge de 14 ans, il entrait aide de chimie au muséum à 17 ans. Simple soldat au 122e de ligne, il prit part aux batailles de l'Empire, et fut réformé à la suite d'une blessure à Leipsick. Interne des hôpitaux en 1815, il fut spécialement attaché au service des russes et des anglais atteints du typhus. Plusieurs fois lauréat de l'École de pharmacie, honoré de 15 médailles pour travaux scientifiques et actes de dévouement, chevalier de la légion d'honneur le 29 mars 1833, officier le 31 juillet 1856, professeur adjoint de l'École de pharmacie depuis le 24 mars 1835, membre du Conseil de salubrité et d'hygiène du département de la Seine depuis 1834, membre de l'Académie de médecine dès le 5 octobre 1824, Chevallier appartenait à presque toutes les Sociétés savantes ou professionnelles de la France et de l'Étranger.

Parmi ses nombreux ouvrages, son *Dictionnaire des falsifications*, si savamment complété par son élève preféré, M. le professeur Baudrimont, sera son titre de gloire dans toutes les officines. Ses mémoires, ses rapports, ses articles dans le *Journal de chimie médicale*, dans le *Journal de Pharmacie*, dans les *Annales d'hygiène publique*, dans le *Bulletin de la Société d'encouragement* pour *l'industrie nationale*, dans le *Bulletin des sciences technologiques*, dans le *Dictionnaire de médecine usuelle*, etc., sont innombrables. Tout ce qui touche à l'hygiène, à la toxicologie, à la pharmacologie, à la nature et à la pureté des drogues, des aliments, des mille et un produits de l'industrie, a été l'objet de ses investigations, de son coup d'œil pratique, et de sa critique ingénieuse, honnête, sévère, malgré une inaltérable bonhomie,

Les progrès à réaliser dans les procédés de laboratoire, dans les transformations des usines, dans l'assainissement des villes et des industries, dans la statistique des empoisonnements, ont été la constante préoccupation de A. Chevallier.

Sa vie scientifique et professionnelle deviendra une légende pharmaceutique, grâce à l'immense diversité de ses travaux et publications, grâce surtout au paternel enseignement qui a été la base solide de sa popularité.

* **CHEVALOT** (*presse à plier*). Outil servant à la mise en paquet du fil dévidé. Il se compose d'une tablette en bois portée sur quatre pieds ; dans cette tablette sont clavetées debout deux autres pièces de bois nommées *montants*, munis dans leur largeur d'une rainure et dans leur épaisseur de trous à cheville. Dans l'un des montants, on passe une poignée d'une autre traverse en bois appelée *presse* qui tourne dans la rainure, sur la cheville, comme charnière. Quand la tablette est garnie de *torques de fil*, on renverse la seconde poignée de la presse qui fait serrage sur les torques, jusqu'à ce que cette seconde poignée arrive au trou correspondant du second montant dans lequel on passe aussi une cheville. Les torques étant serrées, les extrémités qui dépassent la largeur des montants sont liées soit par un écheveau de fil, soit au moyen de cordes. On dit aussi *chevalet.*

* **CHEVAUCHEMENT.** *T. techn.* Croisement de deux pièces qui empiètent l'une sur l'autre. || Dans le tissage, fausse direction des fils de chaîne ou de trame.

CHEVAUCHER. *T. techn.* Se croiser, empiéter l'une sur l'autre ; en *typogr.*, se dit des lignes, des mots mal alignés, qui se sont dérangés par un mauvais serrage de la forme.

* **CHÉVÉ.** *T. techn.* Verre de montre très aplati.

CHEVELÉ, ÉE. *Art hérald.* Tête humaine dont les cheveux sont d'un autre émail ou d'une autre couleur que la tête.

* **CHEVER.** *T. techn.* Creuser une pierre précieuse par dessous pour en affaiblir la teinte. || Rendre concave une pierre, une pièce de métal. || *Chever du verre.* Travailler le verre pour obtenir des verres de montres, de pendules.

CHEVET. 1° *T. de mécan.* Appareil distributeur composé d'une aire plane, de forme variable, destiné à répartir uniformément le minerai broyé sur la surface d'une *table à secousse*, d'une *caisse à tombeau*, etc. ; le chevet est toujours plus incliné que la table afin que les sables ne puissent y rester. || 2° Partie du lit où l'on met la tête. || Traversin ou oreiller allongé qui se met à la tête du lit. || 3° *T. d'artill.* Pièce de bois plaquée sous l'affût des anciennes bombes à feu pour en faire varier l'inclinaison. || Billot de bois placé derrière les affûts des mêmes pièces pour en supporter la culasse. || 4° *T. de constr.* Garniture de plomb qu'on met aux chéneaux d'un toit, près de la gouttière. || *T. de min.* Lit ou mur d'un filon. || 6° *T. d'arch.* Partie de l'église qui est au fond de la grande nef, derrière le maître-autel ; elle est ordinairement circulaire et plus élevée que le reste. — V. Chœur.

— Parmi les chevets les plus remarquables, on doit citer ceux des cathédrales de Paris, d'Amiens, de Reims, de Bourges, de Chartres, de Narbonne, etc., des églises de Saint-Ouen de Rouen, de Saint-Eustache de Paris, de Vézelay, etc.

* **CHÉVETEAU.** *T. techn.* Grosse pièce de bois sur laquelle se meut le tourillon d'un moulin. || Solive d'enchevêtrure. On dit aussi *Chevêtrier*.

CHEVÊTRE. *T. de charp.* Pièce de bois dans laquelle on emboîte les solives d'un plancher. || Barre de fer qui sert à soutenir les solives coupées à l'endroit de la cheminée. || *T. de chirurg.* Bandage qui sert à maintenir réduites les fractures et les luxations des os de la mâchoire inférieure.

* **CHEVEUR.** *T. de mét.* Celui qui chève le verre.

CHEVEUX. C'est le nom des poils qui recouvrent la tête dans l'espèce humaine ; ils se composent de deux parties essentielles : la *tige* ou le *cheveu* proprement dit, et la *racine* qui se termine par un renflement dont l'extrémité inférieure contient une glande nourricière. On y trouve, d'après l'analyse chimique de Vauquelin, du fer, du soufre en assez grande quantité, du carbonate de chaux, de la silice et une huile de couleur variable, selon la nuance des cheveux. Les cheveux blonds doivent leur éclat à un excès de soufre et d'oxygène et à un défaut de carbone ; les cheveux noirs ont au contraire un excès de carbone et un défaut de soufre et d'oxygène. Les cheveux sont extrêmement sensibles aux variations atmosphériques ; l'humidité les allonge, tandis que la chaleur les contracte : aussi s'en sert-on dans la construction des *hygromètres*. Ils sont élastiques, et leur extensibilité est telle qu'ils peuvent subir un allongement de plus d'un tiers.

La chevelure, dans l'histoire des peuples anciens et dans notre histoire nationale, a subi des fluctuations sans nombre, mais une condition capitale, celle *d'avoir des cheveux*, a constamment prévalu.

Aussi l'industrie des cheveux qui nous occupe seule, a-t-elle acquis une importance véritablement considérable. Son siège est à Paris, d'où elle rayonne sur toutes les parties du monde.

Elle se divise en quatre branches principales qu'il est utile d'étudier séparément :

1° La préparation des cheveux ; 2° la fabrication des coiffures pour dames ; 3° la fabrication des coiffures postiches pour les deux sexes ; 4° les dessins et bijoux en cheveux.

Nous nous occupons spécialement ici de la préparation des cheveux en laissant au mot Coiffure l'étude de leur arrangement suivant les exigences de la mode.

La plus grande partie des cheveux employés sont coupés sur la tête des femmes, et appelés *cheveux de coupe* ou *cheveux bruts*. Ils sont recueillis par des marchands ambulants, nommés *coupeurs*, qui les achètent à prix d'argent ou les échangent contre des étoffes de robes, châles et autres objets de toilette. La coupe se fait, en France, dans les foires et dans les villages des départements suivants : Finistère, Morbihan, Côtes-du-Nord, Manche, Orne, Ille-et-Vilaine, Mayenne, Sarthe, Maine-et-Loire, Loire-Inférieure, Vendée, Deux-Sèvres, Vienne, Allier, Cantal, Puy-de-Dôme, Corrèze, Lozère, Savoie, etc. Longtemps la France suffit largement à la consommation, puis il fallut faire couper à l'étranger.

Les pays qui fournissent actuellement des cheveux de coupe sont les suivants : Belgique, Allemagne, Bohême, Hongrie, Suède, Suisse, Italie, Espagne, Principautés Danubiennes, etc.

Préparation. La préparation, c'est-à-dire la transformation des cheveux bruts en cheveux préparés ou manufacturés, propres à tous les emplois, est d'une extrême importance. C'est le point de départ de l'industrie, et de la préparation dépend la plus ou moins bonne exécution des différents objets à la confection desquels les cheveux préparés sont destinés.

Le préparateur, marchand en gros ou fabricant de cheveux, prend les cheveux venant de la coupe et en fait d'abord des cheveux lisses ou de première qualité dont le travail exige de quinze à vingt manipulations différentes, très minutieuses. Un outillage spécial et une installation particulière sont indispensables pour le travail de la préparation, qui nécessite aussi du préparateur certaines connaissances en chimie.

La consommation augmentant et la coupe ne suffisant plus, on dût songer à utiliser les cheveux de chute. Ces cheveux sont recueillis en quantité considérable en France. On en importe aussi une grande quantité d'Italie, de Naples, principalement, où ils sont centralisés et soumis à une première opération de nettoyage. Tous ces cheveux sont ensuite, après un triage préalable, convertis en cheveux lisses ; ce travail très difficile consiste à réunir ensemble toutes les têtes des cheveux qui, à l'état brut, sont mêlés aux pointes. Ces cheveux, ainsi préparés, constituent la deuxième qualité. Ils servent aux ouvrages de valeur ordinaire, et coûtent beaucoup moins cher que ceux de première qualité.

Il existe encore des cheveux de troisième qualité qui s'emploient beaucoup pour les travaux inférieurs à bas prix. Ce sont des cheveux de chute provenant de la Chine, du Japon, de la Cochinchine et d'autres pays d'Asie, et appelés communément *cheveux chinois*. Ces cheveux, tous

de couleur brune, sont très gros. On les utilise, néanmoins, après qu'ils ont subi la préparation de remise en tête dans leur état naturel de grosseur et de couleur ; puis on arrive, par des procédés chimiques, à les amincir et à les décolorer de façon à produire presque toutes les nuances, ce qui leur donne une certaine valeur.

On décolore également les cheveux de coupe pour produire les jolies nuances, blond doré, qui ont été un moment en grande vogue, et qui s'utilisent beaucoup au théâtre. On est arrivé même à produire chimiquement des cheveux complètement blancs, pour suppléer aux cheveux blancs de coupe, qui ne peuvent être recueillis qu'en très petite quantité, eu égard à leur rareté. (V. BLANCHIMENT, § *Blanchiment des cheveux*). Les cheveux blancs naturels qui sont obtenus par l'épilage atteignent des prix très élevés, suivant leur longueur et leur pureté.

Une partie des cheveux lisses préparés, ceux de coupe surtout, sont transformés en cheveux frisés. Le travail de la frisure, très minutieux, exige une installation spéciale. Les cheveux, enroulés sur une multitude de petits moules en bois, sont soumis à l'ébullition dans des chaudières *ad hoc*, passent ensuite au séchage gradué dans des étuves, puis, retirés des moules, ils sont finalement attachés en petits paquets roulés pour conserver leur frisure.

Dessins et bijoux en cheveux. La fabrication des dessins et bijoux en cheveux se fait sur une assez grande échelle. Il se fabrique, à Paris surtout, de petites merveilles en chaînes, bracelets, boucles d'oreilles, médaillons, etc. Des dessinateurs de mérite se sont adonnés à cette spécialité, qui consiste à traduire en dessins et emblèmes, religieux ou profanes, les pieux ou tendres souvenirs des vivants et des morts. — V. BIJOUTERIE, § *Bijouterie en cheveux*.

Les dames surtout sont très habiles à exécuter ces travaux délicats, qui exigent une grande légèreté de main. Il existe un certain nombre d'ouvrages et albums traitant de dessins en cheveux. Plusieurs sont très appréciés par les nombreux praticiens qui s'occupent de travaux d'art en cheveux ; car, si cette spécialité est représentée à Paris d'une façon remarquable, partout en France comme à l'étranger, il se fait une grande quantité de tableaux et bijoux en tous genres.

STATISTIQUE. Pour constater l'importance acquise par l'industrie des cheveux, il suffit de produire les chiffres officiels de l'importation et de l'exportation pendant un certain nombre d'années.

La production française en cheveux bruts est d'environ 80,000 kilogrammes. L'Angleterre et l'Amérique, qui ne produisent pas, achètent à la France la moitié de cette production (1).

Dans ses diverses branches, cette industrie fait un chiffre d'affaires qui a dépassé 30 millions de francs. Ajoutons que depuis qu'elle est arrivée à son degré actuel d'importance, elle a donné une extension considérable à une foule d'autres industries parisiennes qui fabriquent les ornements ou accessoires de la coiffure, telles sont les suivantes : parfumerie, filets, fleurs, plumes, modes, peignes, bijouterie en or, doublé, argent, écaille, jais, nacre, acier, perles, etc.

(1) *L'industrie des cheveux*, par Alexis MUZET.

L'industrie française des cheveux a sa place marquée depuis longtemps dans les expositions françaises et étrangères. En 1867 elle était représentée par dix-neuf exposants. L'Exposition universelle de 1878 en comptait le double formant une section remarquée de la classe 38 (habillement des deux sexes).

L'industrie des cheveux est représentée par une Chambre syndicale affiliée au groupe important de l'Union nationale du commerce et de l'industrie. Elle s'occupe de la défense des intérêts de ses membres, de l'organisation de concours nationaux et internationaux destinés à entretenir le goût du beau, à préparer l'éclosion de modes nouvelles et à maintenir à Paris, capitale de l'élégance, sa souveraineté universellement reconnue pour tout ce qui s'appelle la mode.

* **CHEVILLAGE.** 1° *T. de mét.* Torsion de flottes de soie entre deux chevilles tournées en sens inverse.

Lorsque les fils ont été bien parallélisés sur un chevilloir ou pentimoir, une tige de bois de 30 à 40 centimètres de long est passée dans les flottes, saisie à deux mains par ses extrémités, puis avec une vigoureuse tension entre la cheville fixe et la mobile, opère un mouvement de garrot, plus ou moins forcé. Cette opération se répète, en changeant la position des flottes, sur toutes leurs parties avec torsion à droite et torsion à gauche.

Le but est de donner à la soie raidie par la teinture toute la souplesse désirable ; de plus, cette manipulation ouvre les brins de la soie, la rend plus volumineuse et plus brillante.

Toutes les soies teintes en souple, c'est-à-dire non dépouillées de tout leur grès, doivent être chevillées ; à plus forte raison, les mêmes soies, lorsqu'elles ont reçu une charge à la teinture.

Les teinturiers en soie ont depuis longtemps adopté le chevillage mécanique qui opère mieux et plus vite que la main (fig. 181).

L'appareil se compose d'une rangée de grosses chevilles (fig. 1, 2, 3) A roulant sur un axe fixe, et au-dessous d'une rangée correspondante de chevilles moins fortes B sur axe mobile en forme de crochet, fixées sur une tige perpendiculaire qui, une fois les flottes placées, tire sur elles avec un poids de 80 kilogrammes. Les tiges de toute la rangée engrenées sur une crémaillère tournent ensemble de la position de la figure 1 à celle de la figure 3 pour revenir à la position de la figure 1 après avoir fait subir aux flottes de soie une torsion pressée comme celle que supporte la corde d'une scie serrée par le garrot.

Ce mouvement se répète autant de fois qu'il est nécessaire et chaque fois que les flottes reprennent la position de la figure 1, les chevilles font un quart de tour sur leur axe, de façon à faire passer successivement toutes les parties des flottes au centre de la torsion.

On a soin encore de faire passer au centre les flottes qui sont au bord des chevilles pour égaliser la torsion et l'on retourne les flottes sur les chevilles pour obtenir la torsion dans les deux sens.

La soie destinée à la trame subit là sa dernière façon avant le dévidage, et bien des étoffes doivent au chevillage leur fini et la douceur de leur toucher.

On a, à peu près, renoncé à cheviller les fils de

chaîne ou organsins, parce que l'étirage qui résulte de l'opération ne laisse pas d'énerver, de fatiguer le fil au risque de dépasser quelquefois son maximum d'élasticité, ce qui nuit à la fabrication en ne permettant plus à la chaîne de supporter la tension voulue. — J. A. H.

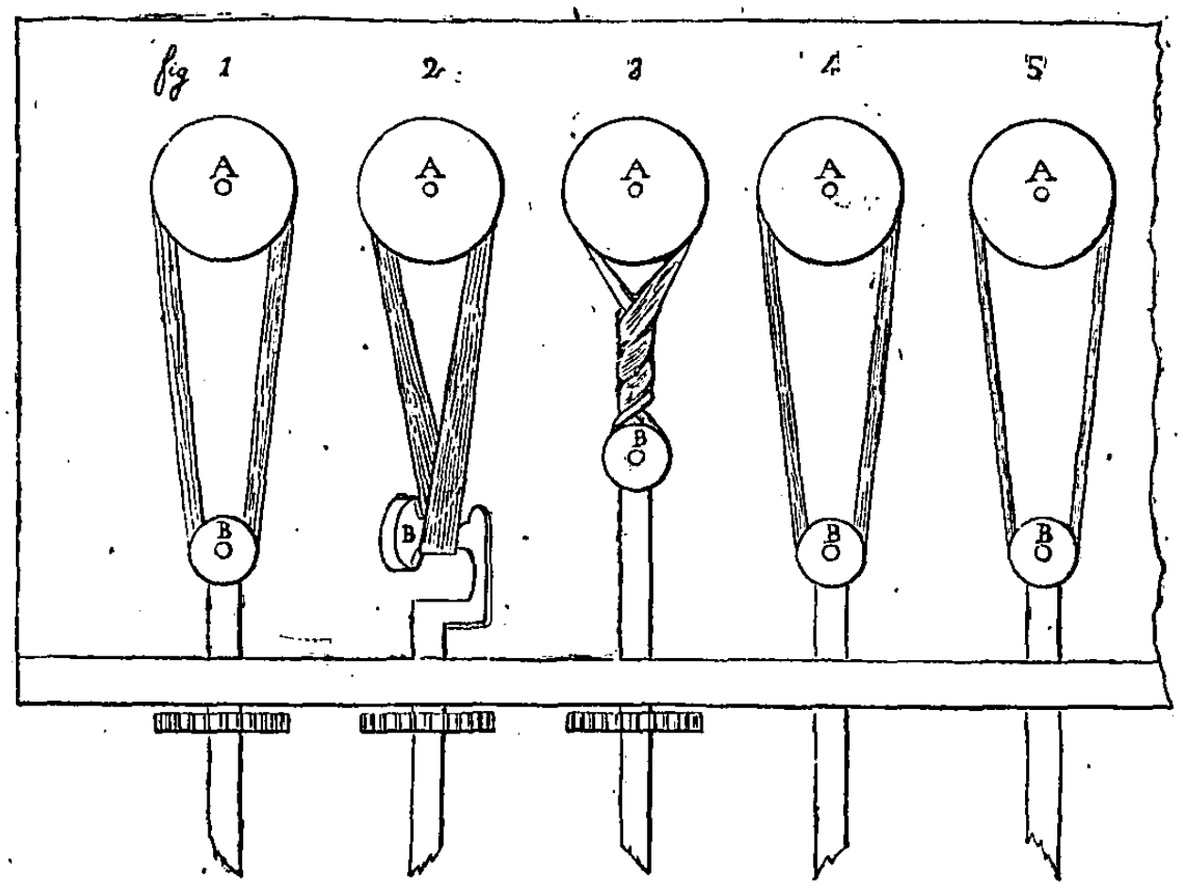


Fig. 181. — *Appareil de chevillage.*

Chevillage. 2° *T. de constr. nav.* Opération dont le but est l'assemblage définitif ou temporaire de pièces diverses à l'aide de chevilles.

CHEVILLE. *T. techn.* 1° Morceau de bois ou de métal que l'on enfonce dans un trou pour le boucher, ou qui sert à arrêter les assemblages de menuiserie et de charpenterie. || 2° *T. de mar.* Le nom des chevilles se déduit de leur forme ou de l'usage auquel on les destine. On dit qu'elles sont: à *tête ronde*, à *tête plate*, à *tête carrée*, à *tête de diamant*, à *mentonnet*, etc.; à *œillet*, lorsque la tête a une forme annulaire; à *boucle*, lorsque la tête porte un œil dans lequel passe une boucle; à *boucle et à croc*, lorsque l'anneau formant la boucle porte un croc; à *cosse*, quand la tête est munie d'une cosse en fer. Le corps de la cheville peut être cylindrique, conique, quadrangulaire, méplat, etc. Les chevilles sont dites *à pointe*, lorsque leur extrémité a la forme d'une pointe de clou; à *bout perdu*, quand la pointe est noyée dans l'intérieur du bois; *barbelées* ou *piquées*, lorsque les arêtes de la pointe sont armées de dents en saillies; à *river* lorsque la pointe doit être rabattue du côté opposé à l'entrée; à *virole* ou à *rondelle*, lorsqu'on rive le bout sur une rondelle; à *écrou*, à *goupille*, ou à *clavette*, lorsque l'extrémité est taraudée, qu'elle porte un trou rond, ou un logement pour une clavette. Les chevilles des bosses, des bittes, du cabestan, des affûts, des haubans, etc., se définissent par leur emploi.

L'usage principal des chevilles est de relier entre elles les pièces différentes qui concourent à la confection d'un navire. Les chevilles en bois appliquées à la liaison du bordé d'un navire avec la membrure se nomment *gournables*; on dit dans ce cas que le bâtiment est chevillé en bois; ce mode de chevillage offre l'avantage d'être léger et peu coûteux. Les gournables se gonflent par suite de l'humidité et finissent par remplir exactement le trou percé pour les recevoir; on dit alors qu'elles font corps avec le navire. Les chevilles en fer sont employées dans les parties du bâtiment où les efforts sont considérables; leur volume tend à diminuer par l'oxydation provoquée par le voisinage de la mer et par l'humidité; sous cette influence le bois voisin peut se décomposer et la cheville peut prendre du jeu dans son trou. Le chevillage en cuivre est aussi susceptible d'oxydation, mais dans une proportion moindre que celui en fer. || 3° *T. de chem. de fer.* Sur la plupart des chemins de fer anglais, les *coussinets* qui supportent le *rail* à deux champignons inégaux, sont fixés sur les *traverses* au moyen de chevilles creuses, appelées *trenail*, en bois de chêne comprimé, au centre desquelles on enfonce soit une sorte de rivet à une seule tête, appelé *spike*, soit un tirefond ou *fangboll*, maintenu à la partie inférieure de la traverse par un écrou qui pénètre légèrement dans cette traverse.

Ces chevilles creuses ont l'avantage de produire, lorsque le bois comprimé se dilate, un serrage énergique du rivet ou du tirefond que l'on a fait pénétrer dans le canal central, et il en résulte que ce mode d'attache avec la traverse finit par faire corps, pour ainsi dire, avec le coussinet. La voie est, par suite, plus résistante et surtout plus stable. || 4° *T. de cord.* Cheville de halage, axe horizontal sur lequel s'enroulent ou se déroulent les tourets des fils de caret; *cheville d'ourdissoir*, axe vertical des tourets; *cheville de commettage*, barre de fer solidement implantée dans le sol; elle sert de point d'appui au carré. || 5° *T. d'artill.* Cheville ouvrière, axe vertical très robuste, solidement relié à la muraille, au pont, ou à la cuirasse d'un navire selon les cas. Sur cet axe passe l'œil de l'Y dont les deux branches sont fixées sur les côtés du châssis de la

pièce ; ce châssis peut ainsi être dirigé suivant les nécessités du pointage. || 6° *T. de fact. instr.* Petit morceau de bois ou de métal qui sert à donner aux cordes des instruments la tension convenable ; les violons et les instruments de la même famille ont des chevilles en bois d'ébène ou de palissandre à tête plate et ovale ; les pianos ont pour chevilles des petits cylindres d'acier carrés par un bout. || 7° *T. de carross. Cheville ouvrière.* Grosse cheville de fer qui joint le train de derrière avec l'avant-train d'une voiture. || 8° *T. techn.* Petite fiche de métal qui traverse l'ouverture des compartiments d'une charnière. || 9° Boulon de fer à tête, à l'aide duquel le relieur serre et desserre la presse à rogner. || 10° Bâton à l'usage de l'ouvrier tisseur pour faire tourner l'ensouple de devant, et permettre l'enroulement du tissu fabriqué. || 11° Petite tablette de bois ajustée à l'établi et sur laquelle travaillent les bijoutiers. || 12° *Cheville à tourniquet.* Bâton passé dans une corde et dont on fait une sorte de tourniquet peur serrer la corde qui maintient la charge d'une charrette. || 13° On nomme *cheville*, en filature de laine cardée, une sorte de baguette en fer ou en bois longue de vingt-cinq centimètres, et qui sert à serrer les torques de fil après le dévidage et avant la mise en paquet ; on ne s'en sert guère que quand ce sont des fils de chaîne qui doivent être empaquetés. || 14° *Cheville à points.* Cheville que l'on peut saisir par des dents ménagées dans sa tête pour l'extraire du trou où elle est enfoncée. || 15° *T. de cordon.* Découpure de tôle, de cuivre ou de laiton, qui sert à faire la liaison de la semelle avec l'empeigne. || 16° *Cheville-versoir.* Organe de la *charrue.* — V. ce mot.

CHEVILLÉ, ÉE. *Art. hérald.* Se dit d'un cerf qui porte des ramures à la sommité de son bois, en forme de couronne.

* **CHEVILLER.** *T. techn.* Tordre les écheveaux par l'opération du *chevillage.* — V. ce mot. || Assembler avec des *chevilles.* — V. ce mot.

* **CHEVILLETTE.** Petite cheville. || Broche de fer à l'usage des charpentiers. || Morceau de cuivre plat et troué que le relieur met sous le cousoir pour fixer les nerfs des livres.

* **CHEVILLEUR.** *T. de mét.* Ouvrier chargé de la conduite des machines qui servent à la fabrication des chevilles de toutes sortes.

* **CHEVILLOIR.** *T. techn.* Instrument de bois garni de chevilles qui fait partie du métier à fabriquer les étoffes de soie.

* **CHEVILLON** *T. techn.* Bâton de l'ourdisseur pour lever la soie de dessus l'ourdissoir.

* **CHEVIOTTE** ou **CHEVIOT.** *T. de drap.* On désigne sous ce nom tout drap fait avec une laine un peu ferme et brillante, qu'on foule ensuite de façon à faire bourrer le filament et à donner à l'étoffe un aspect brut et brouillé.

Le véritable *drap-cheviotte* se fabrique à Glascow (Ecosse), mais il se fait en Angleterre et particulièrement à Leeds, un nombre considérable d'étoffes qui portent le même nom, et qui n'en sont que l'imitation. On calcule qu'il se fabrique environ dans toute la Grande-Bretagne 1,000 pièces d'imitation contre 3 pièces de vrai cheviotte.

Le vrai *fil-cheviotte* est composé de la laine, filée en cardé, des jeunes moutons d'Ecosse, élevés dans les *Cheviotthith*, collines qui forment la frontière de l'Angleterre et de l'Ecosse ; de là le nom de la *laine-cheviotte*. Le faux fil-cheviotte, avec lequel on fabrique la majeure partie des tissus se compose au contraire de 50 à 60 0/0 d'effilochage et de 50 à 25 0/0 de laine de Perse ou du Levant, coupée auparavant pour en diminuer la longueur : la laine effilochée est toujours très foncée et la laine brillante qu'on y ajoute est toujours plus claire ou en nuances vives. On concevra facilement la grande différence qui existe entre le cheviotte-imitation et le cheviotte pur quand on saura que, dans ces derniers temps, le fil-imitation a valu 2 fr. 50 à 5 fr. le kilog, suivant la quantité de laine brillante qu'il contenait, et le tissu-imitation de 3 à 7 fr. le mètre, suivant le poids et la matière employée, tandis que le fil véritable valait de 7 à 10 fr. le kilog, et le tissu de 13 à 18 fr. le mètre.

Les tissus cheviotte vrais ou faux sont soyeux, mais, au travers des poils qui les recouvrent, on aperçoit le tissu qui a un aspect *brut.* En règle générale, les tissus-cheviotte qui se fabriquent en France sont des imitations qu'on fait passer pour du vrai. A Reims et un peu à Elbeuf, on fait aussi des tissus de ce genre, mais avec des fils composés de laine anglaise ou laine croisée anglaise et d'Australie, que l'on choisit la plus courte possible en même temps que brillante et soyeuse ; on tisse peu serré, on foule légèrement et on obtient d'excellents tissus que l'on arrive à vendre à un prix raisonnable ; les dépôts de ces étoffes se trouvent particulièrement à Lille et à Sedan. On fabrique encore à Roubaix, sous le nom de *cheviotte peigné*, des tissus dont la laine a été passée à la peigneuse avant d'être filée et qui se vendent assez facilement en raison de leur bon marché. — A. R.

CHÈVRE. *T. techn.* Appareil formé de pièces démontables, utilisé dans les constructions et dans toutes les circonstances où l'on a à élever des fardeaux. On distingue plusieurs sortes de chèvres appropriées aux usages auxquels elles sont destinées. Telles sont les chèvres à *haubans*, à *trois pieds*, à *déclic, verticale, de tranchée*, etc.

Chèvre à haubans. C'est la plus employée dans les constructions, où nous la voyons souvent, sur des murs très élevés, servir à élever les matériaux nécessaires à l'érection d'un bâtiment. Cette chèvre se compose de deux hanches réunies à une extrémité formant la tête et allant en s'écartant vers la base. L'assemblage de ces deux parties est obtenu du côté de la tête au moyen d'une cheville d'assemblage et d'une clavette, et en allant vers les pieds par des *épars*. Près de la cheville de tête s'en trouve une autre destinée à recevoir une poulie ; à un mètre vingt centimètres environ des pieds est placé le treuil dont l'axe passe par les hanches et peut être manœuvré, suivant sa disposition, soit au moyen de leviers entrant dans

des mortaises, soit au moyen de leviers munis de doigts et attaquant des roues à rochet, soit de toute autre manière. Ces leviers sont, du reste, manœuvrés à bras d'homme. La corde ou la chaîne du treuil passe sur la poulie ou les poulies, suivant que la chaîne est équipée à un ou plusieurs brins. Dans ce dernier cas, la dernière poulie est munie d'une chape à crochet et reçoit le fardeau, tandis que, dans le premier cas, c'est le câble ou la chaîne elle-même.

Pour se servir de la chèvre, les hanches doivent être placées dans une position légèrement inclinée sur la verticale, afin de pouvoir élever le fardeau au point voulu ; des haubans attachés à la tête de la chèvre maintiennent cette position. Des broches enfoncées en terre empêchent les pieds de glisser quand ils ne sont point garnis de pointes. Un ou plusieurs contre-haubans, suivant les cas, empêchent le devers. On comprend que l'inclinaison ci-dessus doit être aussi faible que possible, afin d'éviter des tensions exagérées et éviter de faire travailler le bois à la flexion.

Chèvre à trois pieds. Lorsqu'il s'agit d'élever des fardeaux à une faible hauteur, on se sert de la chèvre à trois pieds. Les haubans n'existent plus; un pied formant trépieds avec les deux hanches vient s'unir à ceux-ci par la tête, au moyen de la cheville d'assemblage; le treuil, du reste, peut être organisé comme ci-dessus. On emploie dans l'artillerie, pour les manœuvres de force, des types semblables à ceux ci-dessus; dans le modèle adopté en 1875, le treuil à déclic qui donne son nom à la chèvre (chèvre à déclic) est remplacé par un appareil appelé *monte-charges à barbotin* avec chaînes calibrées.

Chèvre verticale. Lorsqu'il s'agit d'élever des fardeaux à une grande hauteur, on se sert de la chèvre verticale qui est d'une manœuvre plus commode. C'est une longue poutre élevée verticalement et reposant, à sa partie inférieure, sur une crapaudine ; la partie supérieure est munie d'un étrier auquel sont attachés des haubans qui empêchent tout déversement, et, grâce à la position verticale, les tensions sont très faibles. La chaîne de traction, accrochée à une traverse, reçoit une poulie à chape et crochet pour le fardeau, et passe sur trois autres poulies placées, aux extrémités de la traverse et vers la partie supérieure de la poutre, avant d'arriver au treuil.

Chèvre de tranchée. Une chèvre employée dans l'artillerie et dont le nom seul indique l'usage est la *chèvre de tranchée*. Elle est formée de deux pieds composés chacun de deux montants qui servent de guides au chapeau. Ces montants sont percés chacun de cinq trous destinés à recevoir les chevilles de manœuvre. Trois semelles servent de base aux montants et le plateau de semelle d'appui au cric. Quatre arcs-boutants et une bride d'écartement relient entre eux les bouts supérieurs des montants et maintiennent leur écartement. Le chapeau, muni de deux crochets auxquels on suspend la pièce, est soulevé à chacune de ses extrémités par un pointal garni d'une cheville et actionné par un cric.

Chèvre. *T. techn.* Levier coudé qui sert à soulever les voitures, on dit aussi *chevalet*. || Dans les moulins à soie, instrument qui tient la fusée. || Table à trois pieds en usage dans les fromageries. || Appareil composé de deux croix de Saint-André, liées par des traverses sur lesquelles on pose les pièces de bois que l'on veut scier.

CHEVREAU. Peau du cabri mégissée, dont on fait des gants et des empeignes fines pour chaussures. Encore le veau mégis remplace-t-il en partie le chevreau dans ce dernier emploi. Le chevreau est une spécialité importante de la mégisterie ; il exige une fabrication délicate et des soins nombreux. Cette peau, très estimée par sa souplesse et sa finesse, donne lieu à un commerce considérable. Le chevreau qui ne peut suffire aux besoins de la ganterie qui s'élargissent chaque jour, est suppléé par le mouton. — V. CHAMOISERIE.

— La France, l'Allemagne, l'Italie, la Suisse et l'Espagne, fournissent surtout les peaux de chevreau pour la ganterie ; la Russie, la Transylvanie et la Serbie celles pour la chaussure. Il importe, dans ce dictionnaire, d'indiquer l'ordre de classement du chevreau français : c'est d'abord, pour le gant long et délicat des dames, le chevreau de Touraine, puis viennent le Charolais, le Poitou, le Vivarais et le Dauphiné.

Le chevreau, comme peau, faisant partie de la mégisserie française, une des subdivisions les plus importantes de la tannerie, nos lecteurs trouveront au mot MÉGISSERIE des détails complets sur sa fabrication.

Teinture du chevreau. La teinture du chevreau est une opération délicate qui demande des connaissances spéciales, et des soins de tous les instants pendant le passage de la peau mégie et blanche à la peau colorée. Avant que la peau ne soit arrivée à l'état propice à la teinture, elle subit des préparations nombreuses et doit passer 138 fois dans les mains des ouvriers. On verra le détail dans l'article consacré à la mégisserie. On comprendra que nous ne puissions entrer dans les détails techniques de la fabrication des couleurs et des produits qui les composent. Nous nous bornerons à indiquer celles qui sont employées dans la teinture de la peau de chevreau et d'agneau en blanc.

Les peaux avant d'être teintes, et sortant d'être mégissées, doivent subir l'action du foulage pendant plusieurs heures, dans de l'eau à la température de 28 à 40°. Cette opération a pour but d'expulser de la peau les matières étrangères qui pourraient s'opposer à l'action uniforme de la teinture. Après avoir été rincées, les peaux sont jetées dans un mélange d'eau, de farine et de jaunes d'œufs où elles restent jusqu'au lendemain ; pour douze douzaines de peaux ordinaires on emploie un kilogramme de farine et une centaine de jaunes d'œufs. L'ouvrier travaille chaque peau en étendant sur elle, à la brosse, une substance ammoniacale, mordant indispensable ; ensuite plusieurs couches de teinture : deux pour les peaux communes et trois pour les peaux fines, et enfin un réactif qui fixe la couleur.

Le meilleur fixateur ou du moins le plus employé se compose d'un mélange à poids égal d'eau,

d'alcali volatil à 22° et d'acide nitrique à 36°. Une brosse imprégnée de ce mélange est passée avec soin sur toute la partie colorée de la peau. C'est ce que l'on appelle la teinture *à la planche,* ce travail s'exécutant généralement sur une planche de noyer épaisse de 20 millimètres, large de 70 à 75 centimètres et longue de 2 mètres à 2m,50. Ces planches complètement débarrassées de leur sève ont leur surface polie avec un soin extrême. La peau est ensuite portée dans un séchoir à air chaud.

Pour la peau teinte sur les deux faces, c'est-à-dire *au plongé,* on remplace la teinture à la brosse par le moyen que voici : les peaux, toujours bien purgées, sont trempées dans des bains colorants d'eau chauffée à 35° où on les foule aux pieds, en ajoutant graduellement de la couleur jusqu'à ce qu'on soit arrivé au ton voulu. On les laisse alors séjourner dans un mélange d'eau et de jaunes d'œufs, après quoi on les met à sécher.

Cette teinture au plongé n'est guère employée que pour les couleurs les plus tendres, car les peaux prenant la couleur par la chair et par la fleur, malgré les réactifs les plus actifs pour fixer la couleur, il n'est pas rare que la transpiration des mains ne fasse décharger la peau sur elles.

Dans le plongé on n'emploie guère que des jus colorants obtenus avec des décoctions de graines diverses : en fait de bois, le fernambouc seul peut y être employé largement, tous les autres ne doivent servir que comme accessoires et à petite dose. Tous les bois astringents doivent être exclus de ce genre de teinture.

Dans la teinture au plongé, l'action du foulage est également nécessaire pour la pénétration de la couleur dans la peau. Ce foulage se fait au pied, comme on le pratique dans l'habillage ; on commence avec un bain légèrement coloré puis on ajoute de la couleur jusqu'à ce que la teinte soit arrivée au ton voulu.

Les matières employées pour la teinture des peaux sont en grand nombre et se divisent en matières colorantes naturelles et en matières tinctoriales artificielles.

Matières colorantes naturelles. La teinture naturelle brune ou noire s'obtient généralement avec les bois du Brésil et de Fernambouc, les noix de galles, le gallon, le cachou, le sumac, le brou de noix, le troëne et le henné.

Les autres matières naturelles employées pour la coloration des peaux sont : pour le rouge, le bois de Brésil rouge, le bois de Santal rouge, la cochenille, la garance, le kermès, la gomme laque, le safran, l'orseille. Pour le brun : le brou de noix, le sumac, le cachou, la noix de galles ; ces mêmes matières servent aussi pour la teinture en noir ainsi qu'on l'a vu plus haut. Pour le jaune, le quercitron, le rocou, le bois de Brésil jaune, la gaude, les graines jaunes dites *nerprun des teinturiers* et l'épine-vinette qui est aussi employée dans la teinture en noir. Pour le bleu, l'indigo et le pastel appelé aussi guède ou nouède.

Matières tinctoriales artificielles. Ces matières sont celles qui ne donnent la teinture que par suite de réactions chimiques et de leur application indiquée par les découvertes scientifiques qui sont la gloire et la richesse de l'industrie. Les plus intéressantes de ces matières sont celles extraites de la houille et dont il suffit de citer le nom, couleurs d'*aniline*, pour indiquer immédiatement l'immense parti que l'art du teinturier a su en tirer. Nous aurons à nous occuper des merveilleux résultats obtenus avec l'aniline, lorsque nous arriverons à la maroquinerie. — Ch. V.

Chevrette. *T. techn.* Trépied de fer qui sert à soutenir sur le feu, une marmite, une casserole, etc. || Chevet de fer à l'usage des plombiers pour élever le bois du fourneau et faciliter le passage de l'air. || Châssis assemblé sur le sommier, au haut d'une scie de scieur de long. || Outil de cirier et de paumier. || Petite machine de trois pieds et demi de hauteur, composée de deux pièces de bois avec une broche de fer qu'on place dans des trous pratiqués à des hauteurs diverses, afin de pouvoir à volonté hausser ou baisser les objets qui portent dessus.

***Chevreul** (Michel-Eugène), chimiste français, membre de l'Institut, né à Angers, le 31 août 1786. Dérogeant à notre programme, par une exception unique, nous voulons, en donnant la notice suivante, rendre à un contemporain illustre, au patriarche de la science, presque centenaire, un hommage mérité par ses glorieux travaux et par les services éminents qu'il a rendus à l'industrie et aux arts. M. Chevreul est fils d'un médecin distingué d'Angers. Il fit ses études à l'École centrale de cette ville. A l'âge de seize ans il vint à Paris et suivit le cours particulier de Vauquelin ; l'année suivante, il le prépara avec Robiquet. En 1810, il succéda à Laugier comme auxiliaire pour faire les analyses chimiques, au Muséum d'histoire naturelle. On le trouve en 1810, professeur agrégé pour les sciences physiques au lycée Charlemagne. En 1824, il est nommé directeur des teintures et professeur de chimie spéciale à la manufacture des Gobelins, place qui convenait à ses goûts de recherches analytiques. En 1830, il succéda à son maître Vauquelin dans la chaire de chimie au Muséum, qu'il occupe encore aujourd'hui.

En 1826, M. Chevreul fut élu membre de l'Institut, à la place laissée vacante par la mort de Proust, son compatriote ; plus tard, il devint membre de la Société royale de Londres, de tous les Instituts et de toutes les grandes sociétés savantes de l'Europe. Il est membre, depuis cinquante ans, de la société d'agriculture de France et, c'est conformément à sa proposition, qu'elle a été divisée en sections, en 1842. Il fut, à diverses reprises, directeur du Muséum d'histoire naturelle ; il fut aussi examinateur de sortie à l'Ecole polytechnique, membre des jurys internationaux des Expositions universelles de Londres et de Paris.

Les collègues de M. Chevreul, à l'Académie des sciences, voulant lui donner un témoignage de leur respect et de leurs sympathies, à l'occasion de son cinquantième anniversaire, comme membre de l'Institut, firent frapper une médaille comme-

morative qu'ils lui offrirent avec leurs félicitations et leurs vœux.

M. Chevreul fut nommé chevalier de la Légion d'honneur, en 1824; officier, avant 1830; commandeur, le 24 septembre 1840; grand-officier, le 12 août 1865; grand' croix, le 5 janvier 1875. Il a reçu aussi le grand collier de l'ordre du Brésil et il est décoré d'un grand nombre des ordres de l'Europe.

Quant aux travaux de M. Chevreul, leur seule énumération dépasserait les limites de l'espace dont nous pouvons disposer ici; force est donc de choisir, parmi ses titres à la reconnaissance publique, ceux qui le recommandent spécialement à l'industrie et aux arts, en laissant de côté, bien à regret, tout ce qui touche aux autres points et surtout à la partie philosophique de ses œuvres.

Les recherches ingénieuses de M. Chevreul sur les corps gras d'origine animale ont abouti, après dix années d'un travail persévérant (de 1813 à 1823), à la connaissance parfaite de la constitution de ces substances et à la découverte des acides gras et de la glycérine découverte par l'illustre Scheele; en sorte que la stéarine, dont la découverte appartient à M. Chevreul, et beaucoup de corps gras sont devenus, entre ses mains de véritables sels organiques formé d'acide gras et de glycérine; par exemple la stéarine est un stéarate de glycérine, de même que l'oléine est un oléate de glycérine, etc., la glycérine étant la base commune à tous ces sels nouveaux. — V. Corps gras.

Le premier résultat de ces recherches théoriques fut la connaissance de la composition du savon, produit en usage depuis des siècles et dont on ignorait la nature et le mode de formation. M. Chevreul montra que le savon ordinaire, fabriqué au moyen de l'huile d'olive et de la soude, est un mélange d'oléate et de stéarate de soude. — V. Savon.

De là à la séparation de l'acide stéarique des corps gras d'origine animale et son application à la confection des bougies, il n'y avait qu'un pas, facilement franchi par la théorie; mais la pratique industrielle avait encore plus d'un progrès à réaliser sous ce rapport, pour arriver à produire la bougie stéarique telle que nous l'avons aujourd'hui. M. Chevreul, de concert avec Gay-Lussac, avait pris, le 5 janvier 1825, des brevets, en France et en Angleterre, pour l'extraction des acides gras et leur application à la fabrication des bougies. Les difficultés que ces savants rencontrèrent dans l'exploitation économique de leur industrie furent pour eux un véritable échec. Il fallut que M. de Cambacérès d'abord, puis MM. de Milly et Motard, vinssent ajouter plus tard leurs efforts successifs à ceux des savants, pour que le succès fût complet, ce qui n'eût lieu qu'en 1831. (V. Cambacérès, Bougies stéariques). Néanmoins, il faut bien reconnaître que le point de départ a été, pour M. Chevreul, un trait de génie, sans lequel l'industrie des bougies stéariques, maintenant si florissante dans le monde entier, n'existerait peut-être pas à cette heure et que la théorie de la saponification serait probablement encore ignorée.

D'autre part, M. Chevreul, en isolant les acides gras volatils, caractérisés par l'odeur, a préparé la création des essences artificielles devenues la base d'un intéressant commerce. A l'occasion du prix de 12,000 francs que la Société d'encouragement pour l'industrie nationale décerna, en 1852, à M. Chevreul, pour ses recherches chimiques sur les corps gras, M. Dumas disait: « Ce prix consacre l'opinion de l'Europe sur des travaux servant de modèles à tous les chimistes; c'est par centaines de millions qu'il faudrait nombrer les produits qu'on doit aux découvertes de M. Chevreul. »

Dans un autre ordre de phénomènes, deux découvertes importantes sont dues à M. Chevreul: celle de la *loi du contraste simultané des couleurs* et celle du *cercle chromatique*, au moyen duquel on peut définir, nommer par un chiffre et produire à volonté toute couleur que l'œil est capable de distinguer. Les applications que M. Chevreul en a faites à la teinture, à la confection des tapisseries des Gobelins, sont des preuves irrécusables de la valeur de ses découvertes. Comme conséquence, il donna sa *théorie des effets optiques que présentent les étoffes de soie*. Ses observations judicieuses sur la vision distincte, sur les effets du rapprochement des couleurs dans les tableaux sur toile, les peintures sur bois, sur pierre, la décoration des intérieurs d'église, des théâtres, la disposition des fleurs et des plantes dans les jardins, sur le costume dans ses rapports avec la carnation de l'homme ou de la femme, etc., peuvent être consultées avec fruit par les artistes et les gens de goût.

Ces recherches, auxquelles M. Chevreul n'a cessé d'ajouter depuis, ont été consignées d'abord dans les deux ouvrages suivants: *De la loi du contraste simultané des couleurs et de l'assortiment des objets colorés, considérés d'après cette loi, dans ses rapports avec la peinture* (1830, Pitois-Levrault, à Paris, 1 vol. in-8° et atlas in-4°); *Des couleurs et de leurs applications aux arts industriels à l'aide des cercles chromatiques* (1864, in-4°, avec planches). Il faut joindre à ces travaux de premier ordre ses *Leçons de chimie appliquée à la teinture*, professées aux Gobelins.

Nous regrettons de ne pouvoir mentionner les nombreux *mémoires* et les *rapports* que M. Chevreul présenta à l'Institut; ni ceux qu'il publia dans les *Annales de chimie*, recueil qui paraît encore aujourd'hui sous son patronage; ni ses articles dans le *Journal des savants*, sur l'histoire de la chimie; ni ceux du *Dictionnaire des sciences naturelles* et de diverses autres publications scientifiques. — C. D.

I. **CHEVRON.** *T. de charp.* Pièce de bois de faible équarrissage (0m,08 à 0m,10), employée dans la charpente d'un comble. Les chevrons, espacés de 0m,33 à 0m,60 de milieu en milieu, selon le système de couverture adopté, sont dirigés suivant la pente du toit et forment ces pans de charpente qui supportent les planchers à claire-voie ou

jointifs destinés à recevoir les tuiles ou les ardoises.

Les chevrons sont soutenus par des pièces de bois horizontales : l'une, dite *faîtage*, qui porte leur extrémité supérieure; l'autre, appelée *sablière* ou *plate-forme*, qui reçoit leur pied. Sur le faîtage les chevrons sont maintenus par des chevilles de fer ; sur la sablière ils pénètrent dans des entailles ou *pas* pratiqués à la face supérieure de cette pièce. Si la longueur des chevrons dépasse 2m,50 à 3 mètres, on soulage leur portée au moyen de pannes. Il se présente alors deux cas : les chevrons sont d'un seul morceau et simplement posés sur les pannes, ou bien ils sont formés de plusieurs morceaux et leurs extrémités se recouvrent au droit des pannes, avec chevilles les fixant sur ces pièces. Dans les combles à deux pentes, les chevrons des faces opposées se correspondent et sont assemblés deux à deux à mi-bois ou coupés par un plan vertical, de manière à s'appliquer exactement l'un contre l'autre au-dessus du faîtage.

Quelquefois, au lieu de recevoir les eaux d'un toit dans une gouttière ou dans un chéneau, on les rejette directement sur le sol, en ayant soin de les éloigner le plus possible du pied du mur. Dans ce cas, tantôt les chevrons sont prolongés au dehors et cloués sur la sablière ; tantôt l'extrémité inférieure de la couverture porte sur de petites pièces de bois appelées *coyaux*, qui sont clouées sur les chevrons et qui reposent, par le bas, sur la corniche même.

On appelle *chevrons de brisis* les chevrons qui font partie du brisis d'un comble ; *chevron de ferme* un chevron encastré, par le bas, sur l'entrait et assemblé avec le poinçon, à son extrémité supérieure ; *chevron de croupe* le chevron placé au milieu d'une *croupe* (V. ce mot), les chevrons intermédiaires portant la dénomination *d'empanons*. — V. Comble, Ferme.

|| 2° *T. de menuis.* Echantillon de bois de 0m,080 d'équarrissage et que l'on emploie pour façonner les battants, montants, traverses, etc., qui composent les bâtis de forte menuiserie.

II.* **CHEVRON.** *T. de tiss.* Petit dessin de la famille des *armures-tissu*, présentant des zigzags transversaux et se superposant depuis le commencement jusqu'à la fin de la pièce. On l'obtient soit par effet de chaîne, soit par effet de trame, à l'aide du *sergé*, du *batavia* ou d'autres *diagonales*, dont les sillons sont plus ou moins saillants. Ces sillons, brisés suivant des longueurs variables, mais égales entre elles, se font volte-face. Leur obliquité s'accentue au gré du fabricant ; cela dépend de la réduction de la chaîne ou de celle du duitage. Bref, le chevron, continu d'une lisière à l'autre, est produit par des lignes formant entre elles des angles alternativement saillants et rentrants, comme les dents d'une scie.

On emploie cette armure dans la passementerie (galons à simple chevron), dans les tissus coutils (chevrons alternatifs dans toute la largeur de la pièce), et enfin dans certains articles creux en lin ou en chanvre.

Principe de fabrication. Lorsque le chevron est fait par la chaîne, celle-ci produira toujours son effet *maximum*, si le sens de torsion de ses fils est à l'opposite du sens d'obliquité du sillon, quelle que soit la direction de ce sillon. Conséquemment, si le sillon de gauche va en montant de *gauche à droite*, il faut que les spires qui résultent de la torsion ou du doublage des fils de chaîne affectés à ce sillon, aillent de *droite à gauche*, et *vice versâ* pour le sillon de droite, symétrique au premier, c'est-à-dire, pour le sillon montant de *droite à gauche*. Même principe pour chevron par trame.

Donc il faut que, toujours, le sens des spires soit à l'opposite du sens des sillons, pour réaliser un chevron net et bien accentué. — V. Croisure.

III. **CHEVRON.** *Art hérald.* Meuble d'armoiries composé de deux blandes plates assemblées qui, partant du milieu du chef, descendent de chaque côté de l'écu en forme de compas à demi-ouvert. || *Chevron abaissé*, celui dont la tête ou la pointe se termine au centre de l'écu. || *Chevron alaisé*, celui dans lequel les extrémités des branches ne touchent point les bords de l'écu. || *Chevron brisé*, celui dont la pointe est fondue, en sorte que les bandes ne se touchent que par un de leurs angles. || *Chevron chargé d'un autre*, celui dont la bordure des branches est un émail et l'entre-deux d'un autre. || *Chevron couché*, celui dont la pointe est tournée vers un flanc de l'écu. || *Chevron écimé*, celui dont la pointe est coupée. || *Chevron failli* ou *rompu*, celui qui a une branche coupée en deux. || *Chevron ondé*, celui qui a les branches en ondes. || *Chevron parti*, celui dont les branches sont de deux émaux différents. || *Chevron ployé*, celui dont les branches ont leur superficie creusée en portion de cercle. || *Chevron renversé*, celui qui a la pointe ou au bas ou au cœur de l'écu et ses branches vers les angles du chef. || *Chevron*, se dit des pièces posées dans le sens du chevron.

* **CHEVRONNAGE.** *T. de constr.* Action de chevronner ; ensemble des chevrons employés dans un bâtiment.

CHEVRONNÉ, ÉE, *Art hérald.* Se dit de l'écu chargé de chevrons alternatifs, de métal et de couleur.

* **CHEVRONNER.** *T. techn.* Garnir de chevrons.

CHEVROTINE. Gros plomb avec lequel on chasse le chevreuil et autres bêtes.

* **CHICA.** *T. de teint.* Matière colorante qui se retire des feuilles d'une plante de la famille des bignoniacées, le *bignonia chica*. On l'appelle aussi *carucuru* et *caraguru, crasuru, carcuru*. Les petites quantités importées en Europe viennent de Para dans le Brésil. Ce colorant est employé par les Indiens du Rio-Méta et de l'Orénoque pour se peindre le corps en rouge ; ils incorporent le chica dans de la graisse de crocodile.

Le *Bignonia chica* grimpe sur les arbres les plus élevés et s'y attache à l'aide de vrilles. Les fleurs

sont bilabiées d'un pouce de longueur et d'une belle teinte violette. Les feuilles sont bipennées, d'un beau vert; elles deviennent rougeâtres par la dessiccation et communiquent une couleur rouge à la salive, lorsqu'on les mâche. Pour obtenir la matière colorante, les Indiens font bouillir les feuilles avec de l'eau, pendant un temps assez long; ils passent la liqueur qui tient en suspension la fécule rouge et la précipitent en ajoutant quelques morceaux d'écorce d'un arbre appelé *aragane*. La fécule est bien lavée, mise en gâteau et séchée. Elle se présente sous forme d'une masse rouge de cinabre, sans saveur ni odeur; elle est plus dense que l'eau, tache les doigts et prend un poli métallique par le frottement. Elle se décompose par la chaleur, sans fondre. Le chica est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool à 36° en le colorant en beau rouge rubis, il est également soluble dans l'éther. La solution alcoolique ne précipite pas par l'eau, à moins que l'on ne chauffe. Les alcalis le dissolvent avec une couleur lie de vin, la solution précipite par les acides. Le chica est soluble dans la potasse, l'ammoniaque, le carbonate de potasse, avec une couleur orange ou rouge orangé; l'acide acétique concentré et l'acide chlorhydrique le dissolvent en rouge brun. Le chlore le colore en brun clair. L'acide sulfurique étendu donne à chaud, une liqueur orange qui laisse déposer par le refroidissement une masse grenue, rouge orangé, et où l'ammoniaque détermine la séparation d'un précipité pourpre foncé.

Traité par un mélange d'alcali et de glucose, en vase clos, il donne par réduction, une liqueur bleue qui brunit rapidement à l'air, et d'où l'acide chlorhydrique précipite des flocons rouge orangé. L'acide nitrique l'attaque et le change en un mélange d'acides picrique, oxalique, anisique et cyanhydrique. Fixé sur le coton, il lui communique une teinte jaune orangée, analogue à celle du rocou, avec lequel ce corps a de nombreuses analogies. D'après Boussingault, le chica ne contient pas d'azote. Sa formule est d'après Erdmann $C^8H^8O^3$; d'après Girardin $C^{16}H^9O^7$.

Le chica est employé depuis assez longtemps dans l'Amérique du Nord, pour la teinture de la laine et du coton, en rouge et en jaune.

* **CHICANE.** *T. techn.* On nomme ainsi, d'une façon générale, tout obstacle en maçonnerie ou autre matière, opposé par le constructeur, à la marche directe d'un point à un autre, d'un corps liquide ou gazeux. Dans quelques appareils de chauffage, dans certains fours, dans les massifs de chaudières, les gaz devant suivre le parcours qui leur est ainsi tracé, sont en contact avec une surface plus grande de parois à chauffer et se refroidissent mieux. Un trop grand nombre de chicanes rend le tirage difficile. Dans les laveurs à gaz la surface de lavage est considérablement augmentée par les chicanes.

CHICORÉE. *T. de bot. Cichorium Intybus*, L., plante formant le type de la tribu des Chicoracées, subdivision de la famille des Composées ou Synanthérées. Elle croît partout, et dans les diverses sortes de terrains, au bord des chemins, comme dans les meilleurs pâturages. Sa tige offre de nombreux rameaux très ouverts et hispides; ses feuilles inférieures sont runcinées et garnies de poils durs sur la nervure médiane, celles supérieures sont oblongues et le plus souvent entières. Les feuilles et les racines sont les deux parties de la plante que le commerce emploie.

Nous n'avons point à nous arrêter à la *chicorée cultivée*, et nous ne nous occuperons ici que de la *chicorée sauvage* dont la racine est employée sous deux états, sèche et torréfiée. Sèche elle sert pour l'usage médical. Elle contient de l'amidon (inuline), un principe amer, du sucre, du tannin, de la résine et une huile essentielle. On fait, avec la chicorée, de la tisane, et un sirop laxatif. Torréfiée elle constitue une branche très importante de commerce, celle du *café-chicorée*.

Café-chicorée. L'idée d'utiliser la racine de chicorée torréfiée remonte à une époque assez éloignée, puisque dès 1771, Valmont de Bomare en a parlé; depuis 1772, on sait que l'on employait ce produit en Allemagne et en Hollande, à cause de sa saveur amère et de son arôme qui rappelle celui du sucre caramélisé; mais la fabrication en resta secrète jusqu'à 1801, époque à laquelle le procédé fût à la fois importé en France et en Belgique : à Onnaing (Nord), par Giraud; à Liège, par Orban.

La culture de la chicorée se fait actuellement sur une très vaste échelle en France, en Belgique, en Hollande, en Allemagne. En Angleterre, elle ne commença qu'en 1845, mais elle prit une extension telle, que sept ans plus tard, on fût obligé de prendre un arrêté pour interdire la vente du mélange de café et de chicorée; on s'était aperçu que depuis l'emploi de la chicorée, la diminution dans la vente du café s'élevait à 4,500,000 francs.

Caractères. Le café-chicorée est quelquefois désigné sous les noms de *café des dames, crême de moka, café tom-pouce, café aux Indiens ou aux Chinois*. Il a les caractères physiques suivants : il se présente sous forme de petits grains d'un brun noirâtre, odorants, amers, luisants, parfois légèrement massés. Sous le rapport de la composition chimique on n'y retrouve pas d'éléments bien spéciaux; MM. Graham, Stenhouse, Campbell, ont montré que l'on y rencontre un certain nombre de principes communs à beaucoup d'autres plantes, mais qu'il n'a pas été possible de trouver en eux un élément caractéristique de la chicorée (V. *Journal de chimie médicale*, 1875, p. 330 et 385). Il n'en est pas de même des renseignements fournis par le microscope. La racine de chicorée, quelle soit torréfiée ou non, présente toujours quatre éléments : 1° de grandes et belles cellules transparentes, arrondies ou quelquefois allongées contre les vaisseaux, à cloisons minces, et contenant de petits amas d'une matière jaune-verdâtre; 2° des fibres ligneuses, de forme ordinaire, et semblables à celles que l'on trouve dans tous les végétaux; 3° des vaisseaux ponctués ou rayés, cylindriques et non ramifiés; ils se terminent en pointe et en cet endroit ils offrent des ponctuations en spirale; ils sont surtout abondants dans les parties centrales et dures; enfin, 4° des vaisseaux laticifères disposés en réseau, plus petits que les premiers, ramifiés et souvent anastomosés. Pour faire l'examen du

café-chicorée, il est bon d'employer un grossissement de 140 diamètres environ, et de laisser les grains en contact pendant quelque temps avec une solution faible de potasse caustique.

Fabrication. La plante qui sert à faire le café-chicorée n'est pas la chicorée sauvage, mais bien une espèce qui a été améliorée par la culture ; ses feuilles ont une amertume moindre et sa racine est surtout plus grosse; la tige et les feuilles inférieures sont velues, plus grandes et plus épaisses que dans la plante ordinaire; les dernières feuilles ne sont même plus découpées. La récolte a lieu en automne. On fait alors subir à la racine, au moyen d'un outillage mécanique, d'autant plus nécessaire que certaines fabriques, notamment à Lille, doivent livrer jusqu'à 6,000 kilogrammes de produit par jour, une série d'opérations qui ont pour but de la laver, afin de la débarrasser de la terre qu'elle peut garder, puis de la diviser par morceaux de cinq à six centimètres de longueur. Après cette opération préliminaire, on dessèche les racines dans des étuves ou *tourailles*, analogues à celles que l'on voit chez les brasseurs ; en leur enlevant l'eau qu'elles contiennent, on peut en assurer la conservation jusqu'à l'époque où se fera la torréfaction. Celle-ci s'effectue dans de grands appareils spéciaux, placés sous des hottes à fort tirage ; ce sont de vastes cylindres en tôle, auxquels on communique un mouvement de rotation continu, au moyen d'une machine à vapeur, ou parfois d'un simple manège à un ou deux chevaux. Dès que la torréfaction est arrivée au degré voulu, on ajoute aux racines 2 0/0 de leur poids de matière grasse (beurre, etc.) afin que le grain refroidi possède l'aspect luisant du café, et peut-être aussi afin d'utiliser une partie de la poudre, qui s'agglutine assez bien dans ce cas; puis, après une agitation convenable, on déverse les racines encore chaudes dans de grands étouffoirs de tôle, où on abandonne jusqu'à complet refroidissement. On donne aux racines torréfiées le nom de *cossettes ;* elles sont triées ou non, avant d'être broyées. La torréfaction fait perdre à la racine 28 0/0 de son poids. Le broyage s'effectue de deux manières différentes : soit au moyen de meules verticales, soit avec l'aide de cylindres en fonte taillée; on obtient ainsi un produit granuleux que l'on désigne dans le commerce sous le nom de *semoule,* puis un résidu ou *poudre.* Au moyen de blutoirs métalliques à mailles plus ou moins larges, on sépare alors les grains en plusieurs grosseurs : la semoule gros-grain, la semoule à grains moyens ou demi-grain, et enfin la poudre. Il y a, en outre, des qualités différentes qui dépendent de la sorte de cossette que l'on a broyée; le n° 1 est obtenu avec les belles cossettes triées ; le n° 2 avec ces mêmes cossettes non triées ; le n° 3 avec les petites cossettes difficiles à trier, et enfin le n° 4 avec les cossettes inférieures et les déchets des autres numéros. Il ne reste plus qu'à diviser la semoule en paquets, pour pouvoir livrer le produit au commerce.

Falsifications. Malgré le bas prix du café-chicorée, on a signalé depuis longtemps les nombreuses fraudes que présente cette denrée. Nous citerons surtout les suivantes :

Parmi les produits minéraux : 1° l'eau hygrométrique (on en a retrouvé jusqu'à 30 0/0) ; 2° le sable, la brique rouge pulvérisée, l'ocre rouge ou rouge de Prusse (Dubois, de Montlhéry), le colcothar. L'ocre a surtout été employée très en grand et, dès 1818, des analyses ont montré que la chicorée pouvait en contenir, à cette époque, jusqu'à 40 0/0. Elle provenait principalement de Bourgogne et de Namur (petit rouge de Bruxelles), et une seule fabrique en a livré pour cette fraude jusqu'à 150,000 kilogrammes, aux prix de 15 à 28 francs les 100 kilogrammes ; 3° le noir épuisé, résidu des raffineries de sucre ; 4° la tourbe (Collin), les cendres de houille tamisées (Marquis); cette dernière fraude s'est faite sur une si grande échelle, qu'en 1856 M. Chevallier a trouvé des café-chicorée qui renfermaient près de 34 0/0 de cendres ferrugineuses.

Parmi les substances animales il faut noter : 5° le foie cuit.

Puis parmi les produits d'origine végétale, nous relevons : 6° les vieux marcs de café, le café ou le cacao, avariés et torréfiés, les glands de chêne et le pain torréfiés ; 7° les déchets de vermicelle et de semoule, spécialement colorés pour cette falsification; les matières grasses altérées ; 8° les touraillons ou passures, c'est-à-dire les radicelles séparées des cossettes par les cribles (ces touraillons renferment parfois jusqu'aux 7/8 de leur poids de terre) ; la sciure d'acajou ou de campêche (Pereira) ; le tan épuisé (Hassall) ; 9° les résidus des brasseries ou des distilleries de grains; les pulpes ou déchets de betteraves. Il faut torréfier tous ces produits, en les imbibant la plus part du temps, ainsi que les suivants, avec du miel et de l'eau-de-vie ou tout autre alcool ; 10° les graminées en général, puis, parmi les légumineuses, les pois, les fèves, féverolles et haricots.

Altérations. On a également signalé dans la chicorée torréfiée la présence de matières étrangères qui avaient pu pousser dans les champs de chicorée et être torréfiées en même temps que les racines cultivées. Ce n'est pas là une falsification. M. J. Cloüet a publié en 1875, dans le *Bulletin de la Société industrielle de Rouen,* une note sur un cas d'empoisonnement de quatre personnes par l'emploi de café-chicorée, lequel contenait de la racine de jusquiame, que l'examen microscopique et l'analyse chimique permirent facilement de retrouver. D'autres altérations du même genre peuvent être signalées, sans qu'il y ait dans ces cas falsification véritable.

Essai. Pour reconnaître la qualité de la chicorée torréfiée on a proposé un certain nombre de moyens. (*a*) Comme essai physique, on a recommandé de jeter une pincée de chicorée à la surface d'eau contenue dans un vase de forme conique. Elle doit, pour être bonne, s'imbiber rapidement et tomber au fond du vase, en colorant le liquide en brun. Cette expérience ne réussit pas toujours à cause du beurre et des corps gras

que l'on ajoute à la chicorée après la torréfaction. D'un autre côté la coloration du liquide n'a pas non plus de valeur, car la torréfaction déterminant la formation de caramel dans tous les corps qui contiennent des matières sucrées, une coloration brune devra être cédée à l'eau, toutes les fois que ces principes seront en contact avec le liquide. On peut chercher à évaluer la quantité d'eau contenue dans la poudre suspecte; normalement la racine torréfiée contient 10 0/0 d'eau hygroscopique. On a recommandé également de rechercher le poids d'extrait sec fourni par la chicorée; l'action de l'eau bouillante donne, pour la première qualité 72g,3 0/0 d'extrait, et pour la seconde qualité 48g,50 seulement. Si l'on épuise 66 grammes de chicorée par un litre d'eau, on doit obtenir un extrait noir brillant, très acide, amer et odorant, qui contient 0,382 d'azote, correspondant à 2g,36 de matière azotée. On s'est encore basé sur la couleur présentée par la décoction d'un poids donné du corps. La décoction obtenue est beaucoup plus foncée que celle fournie par un poids égal de café martinique de bonne qualité; en représentant par 130 l'intensité colorante de la première liqueur, celle de la seconde, au colorimètre, ne sera que de 108. On a également essayé le caractère fourni par la densité de cette même liqueur; celle du café étant 1, la chicorée aurait 3 pour densité; ce caractère n'a pas de valeur, car il est prouvé que les infusions de carotte, de maïs, de seigle, de betterave, torréfiés, etc., possèdent une densité analogue à celle de la chicorée torréfiée. (*b*) Les essais chimiques donnent de meilleurs résultats. Si l'on examine la façon dont s'est déposée la poudre à examiner, lorsque l'on pratiquait l'essai sur l'eau, on aura pu tenir compte de la rapidité avec laquelle certaines matières se sont précipitées. Les produits minéraux, tels que le sable, l'ocre, la tourbe, les cendres de houille, seront tombés tout d'abord au fond du verre, tandis que les matières féculentes auront eu plus de mal à se déposer. On devra recueillir et examiner séparément chacune des couches observées. Si l'on porte à l'ébullition le dépôt supérieur étendu d'eau, on obtiendra une décoction que l'on pourra facilement décolorer par filtration avec du charbon animal lavé. La liqueur filtrée qui contient de la *fécule* de graminées ou de légumineuses, du pain, du vermicelle ou de la semoule, prend par l'eau iodée une coloration bleue, et une teinte noire par l'addition de persulfate de fer. Le dépôt inférieur au contraire, repris par les acides offrira des caractères variables : ou il sera insoluble (*sable*), ou il se dissoudra en donnant une effervescence (*carbonates de chaux* ou autres) et dans la liqueur on retrouvera les caractères de l'alumine (*ocre, argiles*) et du fer (*ocre, cendres de houille*).

L'*incinération* a été proposée pour reconnaître la qualité de la chicorée, et même, d'après une circulaire ministérielle du 25 juillet 1853, et une autre du 19 janvier 1854, le poids des cendres ne doit être que de 5 à 6 0/0. Ces chiffres sont peut-être un peu faibles, car des expériences de Lassaigne il résulte que :

La chicorée du Nord, lavée, brossée et torréfiée, donne.	4 0/0	de cendres en moyenne
La chicorée du Nord, criblée seulement, donne.	9,5 0/0	
La chicorée du Nord, torréfiée seulement, donne.	10 0/0	

De son côté, M. Chevallier a obtenu les résultats suivants :

Chicorée en semoule, gros grain.	5,7 0/0	de cendres en moyenne
— — 1/2 grain..	6,6 0/0	
— en poudre	10,25 0/0	

On voit que ces chiffres sont plus élevés que ceux portés dans la circulaire officielle.

Ces cendres sont toujours grises, elles sont constituées par des carbonates de potasse et de chaux, du sulfate de potasse, du chlorure de potassium, des phosphates de chaux et de magnésie, du fer et de la silice. Une coloration jaune ou brunâtre serait l'indice de la présence du fer en excès, et par conséquent d'une fraude. L'incinération sert encore à reconnaître : 1° la falsification par le *noir animal*; M. Wislin, de Gray, a montré que dans ce cas, l'incinération se fait mal, et que les cendres renferment alors une proportion considérable de phosphate de chaux; cette chicorée offre, lors de l'examen physique, des points noirs très brillants ; elle craque sous la dent. On en a trouvé qui renfermait jusqu'à 40 0/0 de charbon animal; 2° la falsification par les *cendres de houille*, parce que dans ce cas, on trouve beaucoup d'argile et de carbonate de chaux, dans le résidu; ces matières étant ajoutées au poussier de houille, pour faciliter l'agglomération lors de la transformation en briquettes, des résidus de charbon de terre.

L'incinération permettant de faire le dosage de la silice, et de l'acide phosphorique, qui ont été recommandés par Graham et Stenhouse, nous indiquerons que pour 100 parties de cendres on a trouvé :

	Café	Chicorée
Silice.	0.25	10.69 à 35.85
Acide carbonique. : .	14.92	1.77 à 8.19
— phosphorique. .	?	6.85 à 11.27
Sesquioxyde de fer .	0.44 à 0.98	3.13 à 5.32
Chlore.	0.26 à 1.11	3.28 à 4.95

Graham a encore recommandé pour connaître la qualité de la chicorée d'effectuer le *dosage du glucose* contenu dans la décoction d'un poids donné de chicorée. Il a indiqué que l'on n'en retrouve que 1 0/0 dans l'infusion de café et qu'il en existe de 9 à 12 0/0 dans celle de chicorée. Nous ferons à ce sujet la même réflexion que pour la teinte ou la densité de la décoction; le maïs, la carotte, la betterave, le pissenlit, contiennent autant de glucose que la chicorée; puis ce dosage a d'autant moins de valeur que souvent on ajoute un peu de sucre au café lors de la torréfaction.

(*c*) La chicorée ayant, comme nous l'avons indiqué, des caractères microscopiques bien tranchés,

c'est surtout au moyen du microscope que l'on pourra rechercher les fraudes. Nous avons déjà donné à l'art. Café les éléments que l'on devra retrouver (fig. 53, T. II.); nous signalerons surtout l'importance des vaisseaux rayés ou ponctués.

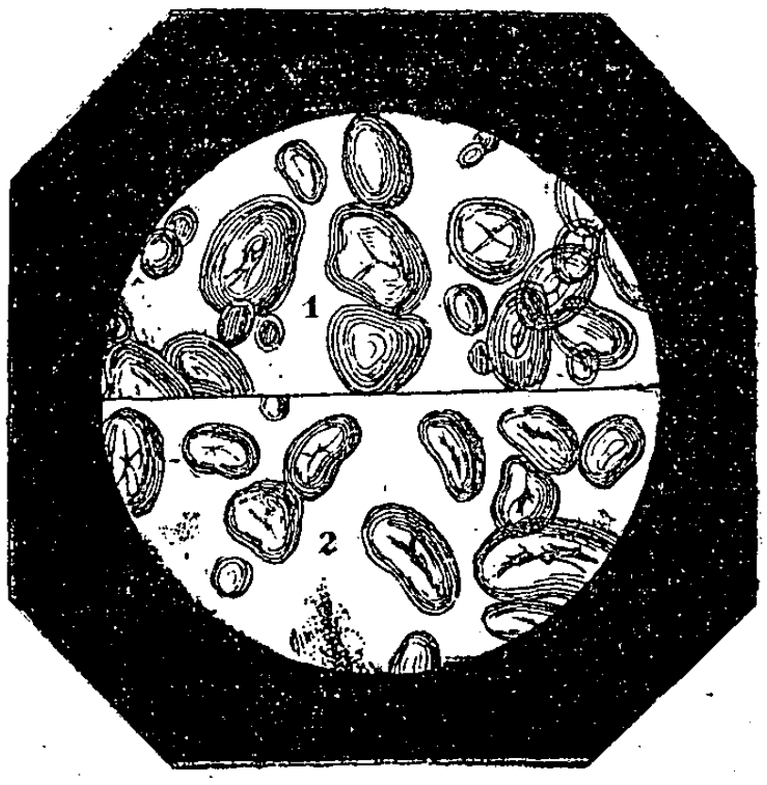


Fig. 182.
1 Grains d'amidon de glands doux torréfiés gonflés par la potasse.
2 Grains d'amidon de légumineuses.

Les grains d'amidon, de farines diverses, seront facilement reconnus à leur forme, puis à l'action de l'eau iodée, sur le porte objet du microscope. On devra se rappeler que si l'on a examiné la chicorée suspecte, après contact avec une solution

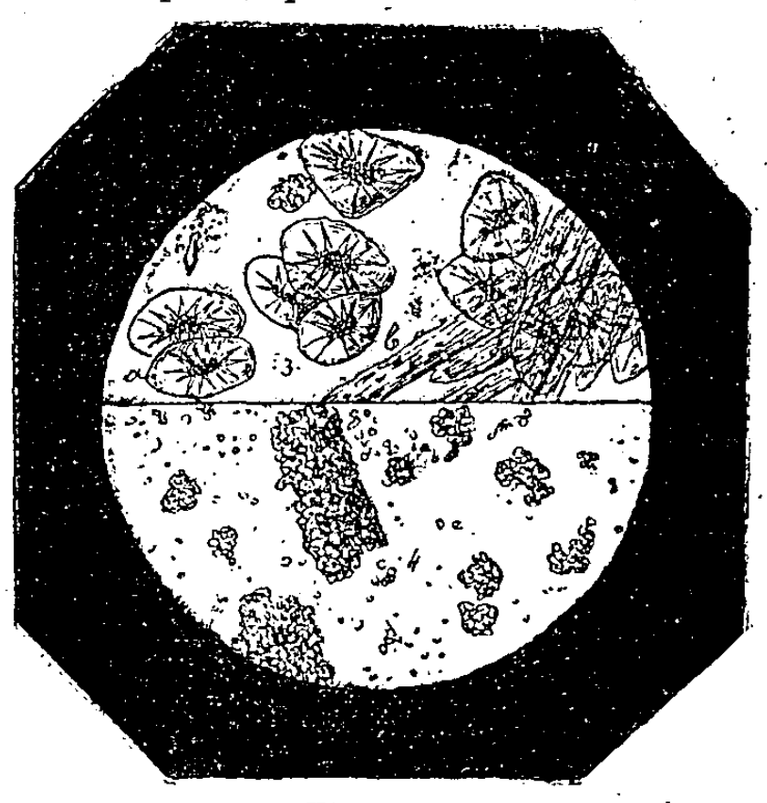


Fig. 183.
3 Poudre d'écorce de chêne. — *a* Cellules rayonnées. — *b* Fibres ligneuses. — 4 Poudre d'ocre rouge.

de potasse faible, ces grains se seront considérablement gonflés. Nous donnons ici l'aspect des grains d'amidon de glands doux torréfiés (fig. 182, 1), de fécule de légumineuses torrefiée (fig. 182, 2), d'écorce de chêne (fig. 183, 3) et d'ocre rouge (fig. 183, 4), que l'on a souvent ajoutés à la chicorée.

Commerce. La fabrication du café-chicorée est très répandue dans certains pays. En France, la culture de la plante est surtout localisée dans les départements du Nord, du Pas-de-Calais, de l'Oise et des Ardennes; on en a quelquefois planté en Normandie, en Bretagne, et même jusque dans les environs de Paris, mais sans que ces essais aient donné lieu à une exploitation sérieuse.

Un quintal de plante fournit en moyenne 63 kilogrammes de café-chicorée, revenant à 52 fr. 13; pour le prix des racines, on compte 48 francs, et 4 fr. 13 pour les frais de fabrication. En comparant la production totale en France, laquelle est de 30 millions de kilogrammes annuellement, au nombre d'ouvriers employés dans cette industrie, on trouve que chaque ouvrier fait par jour 111 kilogrammes environ de chicorée.

La France exporte cet article surtout en Algérie, en Espagne, en Suisse, en Piémont et en Angleterre. — J. C.

Bibliographie : Note sur la chicorée-torréfiée, dite café-chicorée, par A. Chevallier; In Ann. d'*Hygiène et de médecine légale*, 1849, t. XLI, p. 354; *De la chicorée, dite café-chicorée*, par E. Chevallier, In : *Journal de chimie médicale*, 1864, t. X, p. 561; *Falsifications du café-chicorée*, par Horsley, In : *Journal de pharmacie et de chimie*, 1856, XXX, p. 266; *Observations sur la nature et les propriétés des cendres que laissent les racines de chicorée employées à la fabrication du café dit chicorée, Journal de chimie médicale*, 1854, t. X, p. 424; *On the adulteration of chicory or succory*, In : *Journal of applied sciences*, 1874, t. V, p. 72; *Note sur un cas d'empoisonnement par le café-chicorée*, par J. Cloüet, In : *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, 1875.

***CHICOT.** *Art hérald.* Bâton noueux; rejeton d'arbre, soit du tronc, soit des racines, soit des branches. Ce mot est quelquefois pris pour *écot*.

***CHIEN.** *T. techn.* Sorte de brosse faite de racines de chiendent que les blanchisseuses emploient pour décrasser le linge. || Outil servant, d'une façon générale, à assujettir les pièces à travailler. || Pièce d'une arme à feu qui se rabat sur la capsule pour en déterminer l'explosion. || Pièce d'arrêt qui sert à empêcher le retour d'une roue dentée à dents obliques. || *Art. hérald.* Meuble d'armoirie, ordinairement figuré sur l'écu de profil et passant; il est le symbole de la vigilance et de l'affection.

***Chien de mine.** *T. d'exploit. des. min.* Les *chiens de mines* sont des chariots spéciaux, poussés par derrière, destinés à circuler dans les galeries étroites et basses, sur des voies en bois, en bois ferré ou en fer, ou même sur de véritables rails; ils sont particulièrement usités dans les mines métalliques de l'Allemagne, en Hongrie, dans le Tyrol, dans nos mines métallifères et enfin dans quelques mines de houille à galeries très étroites. Le *chien de mine* se compose d'une caisse en bois ou en tôle posée sur un train à quatre roues, à jantes plates dont celles de devant sont d'un plus petit diamètre que celles de derrière; la caisse est fixe et s'ouvre sur le devant, la face correspondante étant mobile au moyen de charnières placées à la partie supérieure. Le train consiste en une flèche formée d'un large madrier sur lequel repose la caisse du chariot, de deux essieux carrés fixés en travers de cette flèche et de quatre

roues tournant sur les fusées de ces essieux. La direction du train est maintenue par une barre de fer appelée le *clou de conduite* ou *guide*, placée verticalement devant la flèche et engagée dans le vide que laissent les deux madriers ou les deux rails qui forment la voie de roulage.

La charge du *chien de mine* varie de 150 à 250 kilogrammes de déblai ou de minerai ; avec 250 kilogrammes, un rouleur aidé d'un enfant produit un effet utile de 1400 à 1500 kilogrammes transportés à 1000 mètres. Dans les mines de Hongrie où ce véhicule est spécialement employé, trois hommes transportent dans un temps donné, à une distance quelconque, la même quantité de déblai ou de minerai que 7 hommes avec les brouettes. Dans les mines à galeries plus larges où le roulage permet des véhicules de plus grandes dimensions, on a construit des *chiens* contenant jusqu'à 500 kilogrammes de minerai ; dans ce cas, avec de bonnes voies, deux rouleurs peuvent produire de 3,000 à 3,500 kilogrammes d'effet utile. Généralement les relais sont espacés de 80 à 100 mètres. Lorsque le *chien de mine* roule dans des galeries, au croisement de voie, le rouleur soulève l'arrière de manière à faire pivoter le train sur les roues de l'avant ; enfin pour vider les *chiens de mines* on les fait basculer en les soulevant par derrière. — A. F. N.

CHIENDENT. 1° Nom donné à certaines espèces de racines qui sont utilisées par l'industrie de la brosserie. Les plus belles brosses, dites *de chiendent*, sont fabriquées avec les racines du *chrysopogon gryllus*, les sortes les plus communes avec celles d'*andropogon ischœnum*. || 2° Espèce de *triticum*, à racines longues et rayonnantes, poussant de préférence dans les terrains cultivés d'où il est difficile de l'extirper. Il en existe deux variétés, le *triticum glaucum* et le *triticum rigidum*. Comme ces racines sont nutritives, on les réduit parfois en farine, que l'on mélange, en temps de disette, aux autres farines d'alimentation.

Les racines du chiendent sont également propres à faire du papier ; le produit qu'on en obtient est blanc et solide.

CHIFFON. Du mot *chiffe* qui, autrefois, s'appliquait plus particulièrement aux vieux morceaux de toile de fil ou de coton propres à la fabrication du papier ; aujourd'hui *chiffon* a prévalu et tous les déchets ou lambeaux d'étoffes, qu'ils proviennent des ateliers de confection ou de toute autre source, sont désignés par ce mot.

On peut diviser les chiffons en trois classes principales qui se subdivisent elles-mêmes suivant leur nature et leur état ; ces trois classes sont : 1° *Chiffons de fil et de coton* servant à la fabrication du papier ; 2° *Chiffons de laine* destinés à la fabrication *des laines* renaissance ; 3° *Chiffons de soie* qui ne sont pas susceptibles d'un grand emploi industriel.

Les chiffons de fil et de coton piqués dans le ruisseau par le *chiffonnier* ou ramassés dans les maisons par des agents d'un ordre plus relevé, sont reçus dans de vastes magasins, où ils doivent subir préalablement un premier *triage* dans le but de séparer des choses étrangères tout ce qui, sans distinction de classe, de couleur et de qualité, doit être considéré comme chiffon.

La composition de ces déchets varie considérablement suivant la température, les mœurs et les usages des pays où ils ont été réduits à la condition de chiffons ; ainsi les peuples du Nord portent des vêtements lourds et épais, ceux du Midi se vêtissent de toile et de coton, les habitants des villes portent du linge plus fin que ceux des campagnes; tout cela doit être trié en conséquence et classé suivant le degré d'usure, ou l'état de blancheur ou de propreté.

En France, l'Auvergne et l'Est produisent de très bons chiffons, la Galice en Espagne et la Russie des chiffons durs ; les environs des filatures et des tissages, donnent des déchets qui entrent dans la catégorie des chiffons. Les cordes des navires et les toiles à voile venant des ports de mer, sont fort estimées pour certaines fabrications ; aussi le fabricant de papiers qui a besoin de sortes spéciales se préoccupe-t-il constamment de ses approvisionnements dans les sortes et qualités qui lui sont nécessaires. Malgré l'introduction dans la fabrication du papier des pâtes de succédanés, le prix des chiffons n'a pas baissé d'une manière sensible, grâce à l'augmentation considérable de la production du papier, et s'il se maintient, à peu de chose près, aux tarifs d'autrefois, c'est qu'aucun succédané n'a pu remplacer le chiffon qui reste la matière par excellence du papier de bonne qualité.

Les marchands de chiffons en gros font un premier triage dans leurs magasins, ils séparent et mettent ensemble les fils, les cotons blancs ou de couleur, sans s'occuper beaucoup de leur degré de finesse ou d'usure, et c'est généralement ainsi préparés qu'ils arrivent à la fabrique de papiers, où, leurs visite et réception ayant été opérées par les employés chargés de ce service, ils sont mis en magasins.

Triage. La première opération que l'on fait subir au chiffon est le triage, c'est-à-dire la classification aussi soignée que possible des diverses sortes résultant de leur qualité, blancheur et propreté. Si la spécialité faite par le fabricant de papier consiste dans de belles sortes, telles que papiers à lettre, papiers registres ou autres, la classification et le coupage se font en même temps par des femmes qui étalent le chiffon sur des petites tables à fond en mailles de fer ; elles le trient pour ainsi dire, morceau par morceau, l'examinent, enlèvent les boutons et les ourlets au moyen d'un couteau fixé à la table, et par le même moyen les coupent en petits morceaux tout prêts à être employés. Comme ces chiffons sont généralement propres, l'agitation qu'ils reçoivent par les mains de la femme suffit pour faire tomber la poussière qu'ils contiennent. Cette manière de trier et de couper est la plus généralement employée dans les usines, elle produit peu de déchet au coupage, car la fibre de la trame et de la chaîne n'est pas effilochée ni broyée.

Autour de la table se trouvent des caisses en bois dans lesquelles les ouvrières jettent les chif-

fons selon leur sorte. Ce travail de triage nécessite une certaine habileté de la part de l'ouvrière, son gain journalier dépend de la quantité en poids de chiffons triés qui lui est payée 2 francs à 2 fr. 25 par cent kilos. Le travail de chaque femme est contrôlé par une ou plusieurs ouvrières, généralement prises parmi les plus anciennes et les plus capables. Les chiffons qui n'appartiennent pas au classement qui leur est propre sont mis de côté et le poids en est déduit comme paie à l'ouvrière qui a fait le triage ; les plus habiles sont mises de préférence au classement des belles sortes.

Une ouvrière un peu habile peut trier dans sa journée 100 kilos de chiffons. Les repasseuses, c'est-à-dire celles qui vérifient le travail des trieuses, sont payées à la journée, ainsi que le contremaître de la chiffonnerie qui est chargé des réceptions et du classement des chiffons triés dans les magasins spéciaux disposés à cet effet.

Dans ces magasins, le plus souvent placés sous les combles de l'édifice, les chiffons triés sont rangés en masse et par classement dans un ordre parfait ; chaque classe porte une étiquette indiquant celle à laquelle elle appartient ainsi qu'une colonne d'entrée et une de sortie, de manière à ce que le fabricant sache constamment la quantité en poids de chacune des sortes. Ces magasins de chiffons triés sont ordinairement tenus avec beaucoup d'ordre et de propreté.

La poussière qui existe dans la salle de triage, la fait séparer du magasin de chiffons triés ; cette première salle doit être parfaitement aérée et avoir beaucoup de jour. Les émanations qui résultent du triage sont désagréables et on doit les combattre par une hygiène énergique, si l'on ne veut exposer les ouvrières à contracter des maladies de poitrine et d'estomac par l'aspiration continuelle des poussières de chiffons.

On peut, dans un classement de chiffons faire de 30 à 35 numéros; mais en général les sortes peuvent se subdiviser comme suit :

Toiles.

N° 1. Toile blanche neuve.
N° 2. Toile blanche propre mais usée.
N° 3. Toile blanche demi-blanc.
N° 4. Toile de couleur, mais classée suivant la couleur.
N° 5. Cordages de chanvre bonne qualité.
N° 6. Toiles à voile.
N° 7. Emballages de chanvre.

Cotons.

N° 1. Cotons blancs neufs.
N° 2. Cotons blancs propres mais usés.
N° 3. Cotons demi-blancs.
N° 4. Cotons de couleur et classés suivant la couleur.
N° 5. Chiffons demi-laines.

Si à ces classements on ajoute ceux provenant des ourlets de fil et de coton, des résilles, bas et chaussettes, filets de pêche, cordes goudronnées, déchets de filature, et encore beaucoup d'autres, on arrive facilement à un classement très complet.

Cependant certaines fabriques qui produisent des sortes inférieures et qui achètent leurs chiffons au tout venant sont obligées de faire un plus grand triage à moins que, et c'est ce qui arrive toujours, elles mélangent ou confondent plusieurs numéros en un seul.

Pour ces dernières fabriques, le triage des chiffons s'opère de la même manière que celui décrit précédemment, mais souvent alors les femmes ne les coupent pas, elles ne font que le classer et enlever les boutons et les ourlets qui sont trop gros, de plus, comme ce chiffon contient beaucoup de poussière et de sable, il est bluté avant son coupage qui se fait alors à la machine.

Une fabrique doit avoir en dépôt une quantité d'autant plus grande de sortes de chiffons qu'elle fait d'espèces de papier différentes ; celle qui se borne strictement à la fabrication de quelques nnméros de pâtes ou même d'un seul, peut travailler avec une provision restreinte. Beaucoup de fabricants trouvent par suite plus avantageux de diminuer les frais de triage et de dépôt, en employant les chiffons mélangés, que d'appliquer la théorie d'un grand nombre de subdivisions.

C'est la pratique des fabriques américaines qui attachent peu d'importance à ce que quelques chiffons de toile se trouvent mélangés avec ceux de coton et réciproquement, du moment qu'ils appartiennent à la même sorte d'après leur force et leur couleur. Le triage qui a lieu ordinairement d'une manière très soignée se fait plutôt d'après leur couleur et leur force, et en vue de leur nettoyage, que d'après leur nature. Aussi ne se donne-t-on pas la peine de séparer les demi-laines des sortes inférieures, puisque la laine disparaît toujours par le lessivage à la chaux caustique.

Ces simplifications de tous genres permettent de marcher avec de très petites provisions de matières premières, et par suite avec un capital très restreint.

En Europe, ces dispositions sont généralement peu suivies, les fabriques ayant pour la plupart de grands approvisionnements résultant d'une fabrication plus variée que celle des usines américaines qui se sont spécialisées dans leurs fabrications.

Blutage. Les chiffons bruts renferment toujours de grandes quantités de sable, poussière et autres impuretés qui doivent en être éliminées à sec, autant qu'il est possible de le faire, sans occasionner un déchet de fibres avant les opérations du lessivage et du blanchiment.

Le blutoir principalement employé en Europe, consiste en un grand cylindre conique ayant environ 4 à 5 mètres de longueur entouré d'une toile métallique et renfermé dans une caisse ou chambre en bois ; cette chambre communique ordinairement avec l'aspiration d'un ventilateur qui envoie au dehors les poussières résultant du battage des chiffons.

Les chiffons bruts sont jetés par des femmes dans la partie qui a le plus petit diamètre et par la rotation du cylindre conique, ils se battent entre eux, laissent tomber la poussière par les mailles de la toile métallique et arrivent à peu près propres de l'autre côté. — De distance en distance se trouvent fixées à l'intérieur du cylindre des pointes d'environ $0^m,15$ de longueur, qui empêchent les chiffons de s'entasser les uns sur les autres et de se mettre en pelottes.

Les Américains emploient un blutoir plus éner-

gique que le précédent. Cet appareil se compose d'une caisse en bois rectangulaire, d'environ 3 à 4 mètres de longueur, avec un faux-fond demi-cylindrique en toile métallique à gros maillons. Suivant l'axe longitudinal de la caisse et fixées à l'intérieur du plafond en bois, il porte de distance en distance des dents mi-bois, mi-fer, solidement assujetties. Un arbre en fer traverse longitudinalement la caisse; il est muni d'un octogone de bois sur lequel sont fixées d'autres dents similaires aux précédentes et disposées de manière à passer entre celles fixes du plafond. Cet arbre est animé d'un mouvement de rotation et les chiffons qui sont jetés directement dans l'appareil reçoivent un battage assez énergique, les poussières tombent au-dessous du faux-fond demi-circulaire. L'objection qui est faite contre l'emploi de toutes les batteuses est qu'elles occasionnent une grande perte de fibres; cette objection est sans doute bien fondée lorsqu'il s'agit de nettoyer des chiffons coupés en petits morceaux dont les filaments se détachent facilement par le frottement, mais les chiffons entiers peuvent à coup sûr supporter sans préjudice un traitement plus énergique.

Les batteuses doivent être installées soit dans l'atelier de triage même, soit à l'étage immédiatement au-dessus, pour que les chiffons puissent être amenés facilement au triage, dans le premier cas au moyen de chariots ou de paniers, dans le second cas par une ouverture pratiquée dans le plancher.

Coupage. Lorsque la fabrication d'une usine à papier ne permet pas de couper les chiffons à la main, au moment du triage, on fait le coupage à la machine avant le blutage. La meilleure machine à couper les chiffons sera celle qui, tout en produisant un grand travail de production, donnera le moins de déchets au chiffon coupé.

Les *coupe-chiffons* les plus répandus ne reposent cependant pas sur ce principe; ils se composent d'un ou deux volants armés, à leur circonférence, de deux couteaux un peu inclinés. Ces volants montés sur un arbre qui repose sur des bâtis solides et fixés au sol, sont animés d'un mouvement de rotation assez grand. Au bâti est fortement boulonné un couteau fixe; un conduit en bois précède la machine et sert à son alimentation; le chiffon est pris entre des cylindres cannelés et est amené entre le couteau fixe et celui fixé au volant, puis coupé, il tombe ensuite sur une large courroie sans fin qui le conduit à l'atelier de blutage. Ces machines produisent beaucoup de déchets, car les couteaux s'usent rapidement et le chiffon se trouve plutôt arraché que coupé; elles font néanmoins un travail énergique et leur prix n'en est pas fort élevé.

On leur préfère à tous égards les coupe-chiffons construits d'abord en Angleterre et qui, bien que d'un prix un peu plus élevé, ont l'avantage de ne pas arracher les fibres des chiffons et de couper ceux-ci d'une manière très-nette et très propre.

Les couteaux de cette machine sont solidement fixés à une glissière animée d'un mouvement vertical rectiligne et alternatif, au moyen de deux bielles reliées aux manivelles d'un engrenage qui reçoit son mouvement de la transmission de l'usine; un canal en fonte ou en bois reçoit le chiffon qui est amené sous les couteaux par des cylindres cannelés qui le pressent un peu. Dans leur descente, les couteaux coupent le chiffon sans choc et le livrent en petits morceaux d'environ 3 à 4 centimètres de côté, lesquels tombent directement dans des paniers placés près de la machine ou bien sur une courroie sans fin pour les conduire au blutage. Avec cette machine, on peut facilement couper des chiffons fins sans crainte de faire des déchets. Mais pour ces sortes, les fabricants préfèrent encore le coupage à la main.

Lavage. Lorsque les chiffons ont été triés, coupés, blutés et que chaque sorte a été classée séparément dans le local qui lui correspond, il est prêt à être employé pour subir les opérations de transformation en papier. La première opération qu'il subit est le lessivage dont il est question au mot Papier. Pour des fabrications ordinaires et mi-fines, le chiffon est directement pris au magasin où il est classé et mis ainsi dans le lessiveur, sans autre opération préalable. Mais pour une fabrication supérieure ou extra fine comme papiers pour photographies, billets de banque et autres, le chiffon est lavé avant d'être mis dans le lessiveur. Ce lavage se fait ordinairement dans une pile ordinaire, placée à l'étage au-dessus des lessiveurs, un courant d'eau claire constant alimente la pile et l'eau sale en est extraite par un tambour laveur; le fond de la pile est double et possède des cloutières et sablières pour en retenir les impuretés. Ce lavage avant lessivage élimine toutes les poussières fines qui sont dans le chiffon que souvent le lessivage ni les opérations qui suivent ne peuvent faire disparaître; le papier fabriqué présente alors des points noirs très fins, presque invisibles mais qu'un œil exercé sait bientôt reconnaître, et qui constituent une dépréciation sur la qualité du papier fabriqué. Ce lavage n'est du reste que de courte durée et le chiffon ainsi lavé se lessive mieux et à moins de frais que par l'emploi de produits chimiques, mais il ne peut être employé que pour des papiers fins et dont les prix peuvent seuls permettre ce surcroît de manipulation.

Nous avons suivi les opérations que subit le chiffon avant sa transformation dont nous étudions les phases successives au mot Papier. — K.

CHIFFONNIER, ÈRE. *T. de mét.* Celui, celle qui recueille non-seulement les vieux chiffons, mais les vieux papiers, les os, les verres cassés, la ferraille et tous les autres objets jetés comme inutiles. Ces objets sont vendus à des brocanteurs ou marchands de demi-gros, qui font un premier triage et divisent par catégories les débris de toutes sortes recueillis par le chiffonnier dans ses courses nocturnes. Vendus à des marchands en gros, ces débris servent de matières premières à différentes industries qui les transforment. La vieille savate deviendra l'*âme* d'une chaussure neuve, les cheveux cueillis sur le tas d'ordures, nettoyés et frisés, feront partie de la coiffure de quelque élégante; dans les morceaux de plomb, les boîtes à cirage ou à conser-

ves, on fera des régiments de cavalerie et d'infanterie pour les bébés ; le verre cassé sera refondu ; les os, le cuir, les substances animales serviront aux fabricants de colle forte, de noir animal ; avec les chiffons de laine effilochés on obtiendra d'excellentes étoffes et le plus sale chiffon deviendra papier, ce qui faisait dire à Mercier, l'auteur du *Tableau de Paris :* « Ce vil chiffon est la matière première qui deviendra l'ornement de nos bibliothèques et le trésor précieux de l'espèce humaine. Ce chiffonnier précède Montesquieu, Buffon, et Rousseau. . . . Honneur au chiffonnier ! »

— Les chiffonniers ont une Société de secours mutuels dont les membres versent mensuellement 50 centimes ; il leur est alloué 60 centimes par jour, en cas de maladie. Leurs statuts établissent des districts partagés entre les chiffonniers qui ont chacun leurs tas ; il leur est interdit de toucher aux tas d'un confrère. Ils gagnent 3, 4 et 5 francs par jour.

‖ *Chiffonnière.* Ouvrière qui fait le triage des chiffons. ‖ On donne le nom de *chiffonnier* à un petit meuble à tiroirs renfermant des chiffons et des menus objets.

* **CHIGNOLE** ou **CHIGNOLLE.** Le moulinet du dévidoir est appelé vulgairement chignole ou *tournette.* Il se compose d'un arbre hexagonal en bois muni à chaque extrémité d'un goujon en fer entrant dans les rainures des supports du dévidoir qui leur servent de coussinets ; l'un de ces goujons est armé d'une manivelle, l'autre est garni d'une vis sans fin. Cet arbre est percé de mortaises dans lesquelles passent des traverses sur lesquelles sont adaptées les six lames de bois formant les ailes du dévidoir. Ces ailes sont presque toujours au nombre de six ; pourtant le nombre en est indéterminé pourvu que la circonférence de leur développement soit de un mètre cinquante centimètres. — V. Dévidoir.

* **CHIGNOLÉE** ou **CHIGNOLLÉE.** On nomme chignolée une garniture complète des écheveaux dévidés ensemble sur la tournette du dévidoir.

CHIMÈRE. *Myth.* Monstre fabuleux qui, selon certains auteurs, avait la tête d'un lion, le corps d'une chèvre et la queue d'un dragon ; selon d'autres, les trois têtes de ces animaux, et qui vomissait des flammes. D'après Strabon, Pline, Ovide, on peut admettre que ce prétendu monstre était une montagne volcanique de la Lycie au sommet de laquelle on voyait des lions ; les chèvres paissaient dans les beaux pâturages des versants et les serpents habitaient les vallons et les prairies voisines du Xanthe. C'est du moins l'une des explications de la fable. La chimère des Grecs fut vaincue par Bellérophon qui, monté sur le cheval ailé Pégase, tua le monstre et reçut en récompense la main de Philonoé, fille du roi Iobatès.

Les artistes ont souvent introduit dans leurs œuvres décoratives des figures chimériques, puisant dans leur imagination la conception et l'exécution d'animaux bizarres et fantastiques n'ayant aucun rapport avec la chimère des Grecs ; les gargouilles des églises, les bas-reliefs, les enluminures des manuscrits, les chapiteaux des colonnes nous offrent une foule d'exemples qui attestent une fécondité d'invention tout à fait remarquable. Les Chinois excellent dans la représentation des animaux monstrueux.

CHIMIE. La chimie appartient au groupe des sciences naturelles, — la plus jeune d'entre elles — cette science s'est développée dans ces derniers temps de telle manière, qu'elle a bientôt dépassé toutes les autres. Ce n'est pas seulement dans sa partie scientifique que ses progrès ont été rapides, la chimie industrielle elle-même a atteint un rare degré de perfection, dû surtout au secours mutuel que se sont prêté la science pure et l'industrie. Nous aurons souvent occasion, dans le cours de cet article, d'insister sur l'importance que les études théoriques ont eu pour les applications industrielles de la chimie. Souvent des recherches entreprises dans un but purement scientifique, ont été le premier jalon d'une industrie importante ; nous n'avons qu'à mentionner par exemple la découverte de l'alizarine artificielle.

La chimie s'occupe de l'étude des phénomènes qui ont lieu par le contact intime des corps, et qui en altèrent la substance. Soumettons par exemple un mélange à volumes égaux de chlore et d'hydrogène à l'action de la lumière solaire, aussitôt le mélange détonera avec violence, et si l'on a employé des appareils assez résistants, on pourra facilement constater la formation d'un corps, ne possédant aucune des propriétés des composants. Le chlore et l'hydrogène ont disparu, pour faire place à un autre corps, nommé *acide chlorhydrique*, dont le poids, hâtons-nous de le dire, est rigoureusement égal à la somme des poids de l'hydrogène et du chlore employés : ceci en vertu du grand principe de la conservation de la matière.

Ce phénomène se nomme *réaction chimique*, c'est en même temps une synthèse, c'est-à-dire la production artificielle d'un composé au moyen de ses composants.

Chauffons maintenant de l'oxyde de mercure au rouge, il se dégagera un gaz entretenant la combustion (oxygène), et on verra apparaître du mercure métallique ; nous avons ici affaire à une analyse ; partis d'un corps composé, nous l'avons scindé en ses composants. Ces deux ordres de réactions sont du domaine de la chimie, car il y a eu modification profonde de substance.

Quelles sont les lois qui régissent les phénomenes chimiques ? Cette question n'a été résolue que depuis un siècle à peu près, en se basant sur les faits observés et non, comme on le faisait autrefois, sur des dogmes métaphysiques en contradiction avec les grandes lois de la nature.

Histoire. Avant de passer à l'étude spéciale de ces lois, il ne sera pas inutile d'esquisser à grands traits par quelles transformations ont passé les connaissances et les théories chimiques, depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours. Il est très difficile, pour ne pas dire impossible, de préciser l'époque à laquelle la chimie a pris naissance. Des réactions chimiques ont été utilisées de tout temps par l'homme, car il n'est pas possible de se figurer une espèce d'activité humaine, où l'on ne change pas de quelque manière, la constitution chimique des corps auxquels elle se rapporte. Chaque combustion est un phénomène chimique, et la séparation des métaux de leurs minerais, est également fondée sur des réactions chimiques. Or, on trouve des traces de travaux semblables chez les peuples civilisés aux époques les plus reculées. Toutefois c'est dans l'ancienne Egypte que les connaissances chimiques furent classées de bonne heure, et les phénomènes chimiques étudiés de manière à constituer une véritable science.

On a voulu faire dériver le mot chimie du nom de l'ancienne Egypte, de *chemi*, *cham* ou *chami*. L'expression *scientia chimiæ* se trouve déjà chez Julius Firmicus Maternus, qui vivait du temps de Constantin le Grand, c'est-à-dire à la fin du troisième et au commencement du quatrième siècle. On raconte que Dioclétien fit brûler les livres des Egyptiens sur la chimie de l'or et de l'argent. Les résultats des recherches qui furent exécutées dans les siècles suivants ont été perdus pour l'histoire dans l'incendie de la bibliothèque d'Alexandrie (640) et l'activité scientifique ne reprit que sous la domination arabe en Espagne. Ce fut alors que l'on ajouta au mot chimie l'article arabe *al* et qu'on en fit *alchimie*.

Les idées d'Aristote, qui reconnaissait quatre éléments dérivant de la matière unique primordiale, eurent longtemps cours dans la science. On admettait que la matière, en changeant de propriétés, pouvait se transformer dans différents corps et nous arrivons ainsi à l'origine du dogme de la transmutation de la matière, qui joue un rôle si important dans les doctrines chimiques du moyen âge ; c'est même là le point caractéristique de l'alchimie. Faire de l'or, tel était le problème ardemment cherché par les alchimistes. Et que l'on ne croie pas que de telles recherches que nous considérons aujourd'hui comme ne pouvant aboutir à rien, aient été sans utilité pour la connaissance des phénomènes chimiques ; si les savants du moyen âge ne parvinrent pas à transformer les métaux en or, ils n'en découvrirent pas moins des faits remarquables, qui servirent plus tard de fondement aux nouvelles doctrines et qui donnèrent lieu, même du vivant de leurs auteurs, à des applications aux arts ou à la thérapeutique.

Des savants d'une autorité incontestable admettaient le dogme de la transmutation des métaux et rien ne nous semble plus naturel si nous nous reportons à cette époque.

Comment ne pas croire à la transformation du fer en cuivre, par exemple, lorsqu'on voyait qu'un morceau de fer, plongé dans une certaine dissolution bleue, disparaissait peu à peu, et qu'à sa place on trouvait un morceau de cuivre ! Nous savons aujourd'hui que le cuivre existe dans la dissolution bleue, et que dans le phénomène en question, le fer se dissout simplement au lieu et place du cuivre — ce fait, dont la constatation ne nous offre plus aucune difficulté, était inconnu des alchimistes. De même, si par certaines opérations on obtenait de faibles quantités d'argent en partant de la galène, comment ne pas croire à un commencement de transmutation, lorsqu'on ignore que ce minerai est toujours argentifère ?

Ces exemples nous montrent les difficultés qui se présentent, lorsqu'on veut analyser un phénomène chimique sans une observation approfondie de toutes ses phases et les grossières erreurs auxquelles on s'expose en négligeant toutes ces précautions.

L'alchimie ne commença à dégénérer que lorsque ses adeptes s'appliquèrent à la recherche de la pierre philosophale, un corps qui devait être une panacée universelle et posséder en même temps le pouvoir de changer tous les métaux en or. Cette période dura du VIIIe au XVIe siècle. Les représentants les plus illustres, dans l'ordre chronologique, sont les suivants : le médecin arabe Geber, qui vivait à Séville à la fin du VIIIe et au commencement du IXe siècle ; on lui doit la découverte de la coupellation, la préparation de beaucoup de nos plus précieux réactifs, tels que nitrate d'argent, sel ammoniac, soude caustique, acides sulfurique et nitrique, eau régale, etc.

Albert le Grand, évêque de Ratisbonne (1193-1280), qui réunissait à un degré très élevé la totalité des connaissances de son temps — il décrit entr'autres la préparation de la poudre à canon, du foie de soufre et de l'arsenic métallique.

La préparation de la poudre et la description de ses effets sont également indiquées par Roger Bacon (1214-1292), fondateur de la méthode expérimentale.

Arnauld de Villeneuve (1240-1319 ou, selon quelques auteurs 1238-1314) et son élève Raymond Lulle (1235-1315) donnèrent à l'alchimie son caractère théosophique qu'elle conserve jusqu'au temps des rose-croix.

On trouve dans les écrits de ces derniers ainsi que dans ceux de Basile Valentin (XVe siècle) un singulier et incompréhensible mélange de fantaisie et de superstition, à côté d'une grande habileté d'expérimentateur.

Nous arrivons maintenant à une nouvelle époque dans l'alchimie, qui commence au XVIe siècle. Le rénovateur de la science est le suisse Paracelse, né à Einsiedeln en 1493, mort à Salzbourg en 1541. Au lieu de s'appliquer à la recherche de la transmutation, Paracelse et ses disciples furent les fondateurs de la iatrochimie, que l'on peut définir comme la chimie thérapeutique. Paracelse expliquait tous les phénomènes physiologiques à l'aide des phénomènes chimiques. D'après lui, l'homme est un composé chimique, les maladies ont pour cause une altération quelconque de ce composé ; il faut donc des médicaments chimiques pour les combattre.

Paracelse a entrevu l'hydrogène qu'il obtenait en traitant le fer par l'huile de vitriol (acide sulfurique) : il possédait les idées les plus saines sur le rôle de l'air, qu'il envisageait comme nécessaire à la vie et à la combustion ; il paraît même avoir remarqué l'augmentation de poids que subissent les métaux lorsqu'on les a chauffés à l'air, augmentation qu'il attribue à la fixation d'une partie de l'air sur ces derniers.

On doit, en outre, à Paracelse le moyen de séparer l'or de l'argent au moyen de l'eau forte, moyen usité encore de nos jours.

Citons encore parmi les chimistes de cette époque, Libavius, Sala, et van Helmont qui s'adonna surtout à l'étude des gaz et essaya, le premier, quoique sans succès, de mettre en doute la transmutation et les idées de Paracelse ; Glauber qui découvrit le sulfate de soude, et beaucoup de chlorures métalliques, finalement l'allemand Georges Agricola, le créateur de la métallurgie, dont il a exposé les principes dans son célèbre traité « *De re metallica.* »

Jusqu'ici, nous voyons les différents adeptes de l'alchimie étudier les corps séparément, en donnant des recettes obscures, le plus souvent mensongères, pour arriver à la préparation de la pierre philosophale, mais le véritable esprit scientifique fait presque complètement défaut ; personne ne pense à grouper les faits observés, à fonder une théorie chimique ; d'un autre côté, sauf quelques rares exceptions, les alchimistes se gardent bien de se fonder surtout sur l'expérience ; ils n'invoquent guère que des théories métaphysiques à l'appui de leur manière de voir.

Le XVIIe siècle voit naître la théorie du phlogistique qui se conserve jusqu'aux mémorables travaux de Lavoisier.

Les idées d'Aristote et de Paracelse sont combattues efficacement par l'anglais Robert Boyle (1627-1691). Il affirme résolument qu'il n'est pas possible d'indiquer sûrement le nombre des dernières parties coustituantes des corps, il admet, au contraire, que tous les corps qu'on ne peut décomposer et qui peuvent être isolés d'autres corps, sont des éléments — C'est la négation du dogme de la transmutation de la matière. D'après Boyle, la combinaison de deux corps donne lieu à une juxtaposition de leurs plus petites parties, et toutes les fois qu'un troisième élément, dont les particules attirent plus fortement celles d'un des composants que ne le fait l'autre, se trouve en présence du composé, il y a décomposition et mise en liberté d'un des corps qui constituent le composé. Si on compare ces idées de Boyle avec les idées modernes, on remarquera une parfaite coïncidence ; nommons « atome », ce que Boyle nomme « la plus petite partie d'un corps » et « affinité », son « attraction des particules », et sa définition est parfaitement d'accord avec nos idées sur la combinaison et la décomposition des corps.

Un des plus grands mérites de Boyle, c'est d'avoir insisté sur l'importance que doit prendre l'étude de la chimie comme science proprement dite, sans s'arrêter à des considérations thérapeutiques et industrielles. A cet égard, on peut à bon droit l'envisager comme le fondateur de la chimie scientifique ou chimie proprement dite. Boyle a remarqué aussi l'augmentation de poids que subissent les métaux par la calcination; il a étudié avec le plus grand soin ce phénomène, mais des idées préconçues le lui ont fait interpréter d'une manière inexacte; il considère la chaleur comme quelque chose de matériel, pouvant s'unir aux métaux. Il s'efforce sans résultat d'isoler et de peser ces particules calorifiques. C'est ainsi qu'il entrevit le grand rôle joué par l'air dans les phénomènes chimiques sans toutefois insister sur la valeur de ses observations ; il était réservé au grand génie de Lavoisier de dissiper les erreurs accumulées depuis si longtemps dans la science.

Nous voyons maintenant apparaître la célèbre théorie du phlogistique. Son auteur est Georges-Ernest Stahl, né à Ansbach en Bavière en 1660, mort en 1734, qui en avait trouvé le germe dans les écrits de Becher (1635-1682).

Pour Becher et Stahl, la combustion est une décomposition; tous les corps combustibles sont composés : ils renferment un principe commun que Becher nomme *terra pinguis*, et Stahl, *phlogistique*. Ainsi les métaux en s'oxydant ou en se changeant en terres, d'après l'expression de l'époque, perdent du phlogistique; *vice-versa*, le charbon, qui est un corps riche en phlogistique, chauffé avec les terres, leur abandonne son phlogistique et leur rend l'état métallique. Il semble qu'une objection insurmontable devait, tout d'abord, se présenter au fondateur de cette célèbre théorie ; savoir, l'augmentation de poids que subissent les métaux en se changeant en terres ; pourtant, d'après la théorie du phlogistique, il devrait plutôt y avoir diminution de poids, puisque les terres sont des métaux, moins du phlogistique. Ce qui nous semble incompréhensible aujourd'hui, s'explique par le peu de valeur que les savants d'alors accordaient aux rapports pondéraux, qui étaient, d'après eux, quelque chose de tout à fait accidentel, tandis que de nos jours, la balance joue à bon droit le premier rôle et est indispensable à l'étude de tout phénomène chimique. Stahl a remarqué qu'il se produit de l'acide sulfurique en brûlant le soufre à l'air avec du salpêtre ; d'après lui, le soufre est donc composé d'huile de vitriol (acide sulfurique) et de phlogistique ; par conséquent, disait-il, on doit obtenir du soufre si on trouve un moyen de recombiner ces deux corps. Voilà comment il opéra cette synthèse. Il combina d'abord l'acide sulfurique à un alcali fixe, pour lui enlever sa volatilité et chauffa le sel ainsi obtenu avec du charbon; il obtint ainsi un foie de soufre, produit par l'union du phlogistique du charbon avec l'acide sulfurique; ce produit était identique avec le foie de soufre obtenu en fondant le soufre avec l'alcali ; nous savons aujourd'hui que cette réduction de sulfate en sulfure est une réduction produite par le charbon qui lui-même se change en gaz oxyde de carbone. La quantité de phlogistique contenue dans un corps est, d'après Stahl, toujours très faible — le noir de fumée en contient le plus; pendant la combustion, le phlogistique se dégage et il est de nouveau absorbé par les plantes.

Quelque fausse que la théorie du phlogistique nous semble maintenant, elle fut rapidement adoptée par la plupart des chimistes de l'époque; ceci montre que le besoin se faisait sentir d'une théorie générale, permettant de grouper systématiquement les phénomènes observés jusqu'à ce jour.

L'époque du phlogistique compte un grand nombre de savants distingués dont nous citerons les principaux.

Le médecin hollandais Bœrhaave (1668-1738) publia, en 1782, ses éléments de chimie, qui comprenaient tous les faits connus tirés d'une foule de recueils et réunies systématiquement; cet ouvrage, adopté dans toutes les écoles, et, traduit en plusieurs langues, servit longtemps de guide à ceux qui se vouaient à l'étude de la chimie.

En Allemagne, nous trouvons Eller, médecin de Frédéric-le-Grand, les pharmaciens Neumann (1682-1737) Pott (1692-1777), et Marggraf (1709-1782) un des fondateurs de l'industrie du sucre de betterave.

En France nous rencontrons un puissant vulgarisateur de la chimie dans la personne de Nicolas Lemery (1645-1715) dont les cours de chimie attirent un nombreux auditoire (1673).

Les travaux de Nicolas Lemery ne sont pas ceux d'un novateur; son grand mérite est de parler chimie en français, tandis que les alchimistes, à peu d'exception près, ont en quelque sorte pris pour tâche de voiler leur savoir ou leur ignorance par un langage obscur; Lemery s'efforce, ainsi qu'il le dit lui-même, dans la préface de son célèbre cours de chimie, « de se rendre intelligible et d'éviter les expressions obscures dont se sont servis les auteurs qui ont écrit avant lui. »

Cet ouvrage, qui a servi pendant longtemps de guide aux chimistes et aux pharmaciens, eut de nombreuses éditions et fut traduit en plusieurs langues. Parmi les français qui se sont distingués dans l'étude de la chimie, citons encore Macquer (1718-1784), le dernier défenseur de la théorie du phlogistique en France, qui découvrit l'acide arsénique et rédigea le premier *Dictionnaire de chimie*, Rouille (1718-1779) auquel nous devons la division des sels en neutres, acides et basiques.

La Suède posséda deux chimistes célèbres, C. Bergmann (1735-1784) fondateur de la chimie analytique, et Scheele (1742-1786).

On doit à Scheele la découverte du manganèse, du chlore et de la baryte, des acides oxalique, tartrique, citrique, malique, lactique, etc. Il isola la glycérine et reconnut la nature du bleu de prusse, ce qui le conduisit à la découverte de l'acide cyanhydrique ou prussique. Il reconnut la composition de l'air et isola l'oxygène.

Dans toutes ses recherches, Scheele est infaillible tant qu'il s'agit « d'expérience » mais dès qu'il entre dans des considérations théoriques, aussitôt sa pénétration ordinaire lui fait défaut ; on sent que Scheele n'est plus sur son véritable terrain ; il s'égare dans les doctrines du phlogistique, c'est ainsi que le chlore est de l'acide muriatique (chlorhydrique) déphlogistiqué, et l'air du feu (oxygène) en s'unissant au phlogistique constitue le calorique.

A côté de Scheele vient se placer Priestley; l'un et l'autre, tout en inaugurant par leurs travaux une ère nouvelle, restent néanmoins attachés aux doctrines anciennes.

Fidèle à la théorie du phlogistique, Priestley (1733-1804), tout comme Scheele, se montra constamment opposé aux principes établis par Lavoisier, qui renversa l'édifice de Stahl contre lequel étaient venus jusqu'alors s'échouer les meilleurs esprits.

Priestley a écrit sur des ouvrages de physique, de théologie et de philosophie. Ses travaux chimiques portent surtout sur les gaz ; il est un des plus illustres représentants de la « chimie pneumatique », quoique ses travaux soient souvent exécutés superficiellement ; quelle que soit la renommée de Priestley comme chimiste pneumatique, il n'a aucune valeur comme analyste et théoricien. Le plus grand titre de gloire de Priestley est la découverte de l'oxygène, qu'il revendique d'ailleurs lui-même ; il fit des expériences sur l'air inflammable et l'acide carbonique ou air fixe. Il découvrit le bioxyde d'azote et eut, le premier, l'heureuse idée de substituer le mercure à l'eau pour recueillir les gaz solubles; il put ainsi isoler le gaz acide chlorhydrique et le gaz ammoniac. La théorie du phlogistique, depuis longtemps dépouillée de son prestige, perdit en Priestley son dernier défenseur. Avant de passer à l'étude de l'œuvre de Lavoisier, le

créateur de la chimie moderne, nous devons dire quelques mots des savants qui ont commencé à ébranler la théorie du phlogistique.

Mentionnons d'abord l'écossais Black (1728-1799). Avec Black commence la chimie quantitative ; il se servait surtout de la balance pour établir ses déductions finales. Son mémoire sur les alcalis libres et carbonatés contient une réfutation complète de la théorie du phlogistique, quoique Black lui-même ne l'envisage pas comme telle, étant partisan de cette doctrine.

On croyait jusqu'au XVIIIe siècle que les alcalis carbonatés étaient des corps moins compliqués que les alcalis caustiques ; on croyait qu'en calcinant du calcaire, par exemple, celui-ci devenait caustique, en fixant la matière ignée ; dans la caustification de la potasse au moyen de la chaux vive, on admettait que la chaux caustique cédait à la potasse sa matière ignée en se transformant ainsi de nouveau en calcaire.

Black, en expérimentant sur la magnésie (1775), arriva à des résultats tout à fait opposés. En chauffant la magnésie blanche, il remarqua qu'il se dégageait un gaz et que le poids de la magnésie calcinée est plus faible que celui de la magnésie blanche soumise à l'expérience ; ce même gaz qu'il nomma *air fixe*, se dégage lorsqu'on dissout la magnésie blanche dans les acides, tandis que la magnésie calcinée se dissout dans les acides sans effervescence ; si l'on additionne cette dissolution d'un alcali carbonaté, il se reprécipite de la magnésie blanche, dont le poids est égal à celui du produit employé dans l'expérience.

Black démontre ainsi d'une manière indiscutable que les alcalis caustiques sont des corps plus simples que les alcalis dulcifiés qui doivent être envisagés comme résultant de la réunion des premiers avec l'air fixe (acide carbonique) ; il démontra également que l'air fixe se forme pendant la respiration, la fermentation et par la combustion du charbon.

Mentionnons encore parmi les découvertes de Black, celle très importante de la chaleur latente (V. CHALEUR § *Chaleur latente*). Black est l'inaugurateur de la chimie pneumatique, ainsi nommée parce que depuis cette époque les chimistes s'occupent surtout du gaz ; nous avons déjà retracé les découvertes importantes de Priestley sur ce chapitre.

Les travaux de Cavendish (1730-1810) sont tout l'opposé de ceux de Priestley ; tandis que ce dernier marche de découverte en découverte, sans toutefois en approfondir aucune, Cavendish trouve beaucoup moins de corps nouveaux, mais traite chaque fois un sujet à fond, en opérant en général d'une manière quantitative. Mentionnons ses belles recherches sur l'air inflammable (hydrogène), tenu par les partisans de l'école de Stahl comme le phlogistique à l'état de pureté ; sur la composition de l'eau, qui cessa dès lors d'être envisagée comme un élément, et sur celle de l'acide azotique. Cavendish, en faisant éclater des étincelles électriques dans l'air, en présence d'un alcali, trouva qu'il se forme un nitrate. Ce savant a établi également la constance de la composition de l'air et démontré que l'air fixe (acide carbonique), n'est pas le produit exclusif des combustions dans l'air atmosphérique, comme on l'avait cru jusqu'alors. Il resta jusqu'à sa mort (1810) un partisan décidé de la théorie du phlogistique ; lorsque le sort de cette dernière fut décidé par le triomphe des idées de Lavoisier, il abandonna les recherches chimiques.

Nous venons d'esquisser l'histoire de la chimie jusqu'au moment où Lavoisier donne à cette science une impulsion nouvelle, en l'asseyant sur des données scientifiques inébranlables, qui n'ont encore rien perdu de leur valeur. Avant de considérer l'écroulement définitif de la théorie de Stahl, nous allons résumer brièvement les idées qui avaient cours dans la chimie d'il y a à peu près un siècle.

La chimie avait cessé depuis longtemps d'être l'humble servante de l'alchimie et de la médecine ; les savants de l'époque, admettaient avec Boyle, qui avait le premier au XVIIe siècle fondé la méthode scientifique, que la chimie devait exister comme science proprement dite. Stahl avait déjà défini la chimie comme la science dont le but était de décomposer les corps dans leurs éléments et de les reproduire artificiellement au moyen de ces derniers. La séparation entre chimie pure et appliquée existait déjà d'une manière tout aussi nette que de nos jours.

Au milieu du XVIIIe siècle, un métal était encore d'après l'ancienne définition de Geber, un corps fusible, malléable, miscible à d'autres métaux. L'or et l'argent étaient envisagés, en vertu de leur inaltérabilité, comme métaux parfaits ; le cuivre, le fer, l'étain et le plomb n'étaient que des métaux imparfaits. Quant au mercure, on ne l'envisageait que comme un corps semblable aux métaux ; toutefois, lorsqu'on parvint en 1760 à le solidifier et à en frapper des médailles, on le rangea parmi les métaux. L'arsenic, l'antimoine, le bismuth et le zinc étaient des demi-métaux, à cause de leur fragilité ; on ajouta à cette classe ; le cobalt en 1735, le nickel en 1751 et le manganèse en 1778 ; le platine ne fut reconnu comme un métal particulier qu'en 1750 ; le molybdène et le tungstène furent découverts seulement vers 1780. On savait que beaucoup de minerais sont constitués par des combinaisons de soufre avec les métaux et l'on était parvenu à en préparer un certain nombre artificiellement. Quant aux métaux eux-mêmes, ils représentaient des combinaisons de phlogistique avec les chaux (oxydes) métalliques. Le soufre, le phosphore et le charbon, étaient des composés de phlogistique avec les acides de ces éléments. Les alcalis, les terres alcalines et les terres proprement dites (alumine, silice) étaient considérés comme des corps analogues aux chaux métalliques. En fait de gaz élémentaires, on connaissait : l'air inflammable (hydrogène), envisagé comme du phlogistique pur ou de l'eau phlogistiquée, l'air du feu (oxygène) ou air déphlogistiqué, l'air phlogistiqué (azote) et l'acide muriatique déphlogistiqué (chlore).

On savait aussi, avant les travaux de Lavoisier, que lorsqu'un métal est calciné, son poids augmente ; pour expliquer ce fait, sans entamer la théorie du phlogistique, on faisait les hypothèses les plus étranges : les uns admettaient, par exemple, que le phlogistique était un corps ayant un poids négatif et qu'en s'unissant aux chaux métalliques, pour former les métaux, il en diminuait le poids ; ce que c'était que ce poids négatif, personne n'aurait pu l'expliquer. Il faut dire du reste que les phlogisticiens ne s'arrêtaient pas à des considérations de poids, qui n'étaient qu'une chose secondaire à leurs yeux ; ils ne s'occupaient de l'étude des phénomènes chimiques que d'une manière qualitative. D'autres chimistes croyaient même avoir démontré que lorsqu'on introduit un corps dans un composé chimique, pour l'en séparer plus tard, il y avait changement de poids.

Nous allons voir comment, sous le souffle créateur de Lavoisier, la chimie scientifique s'anima, prit corps, et comment on put formuler avec sûreté les lois de la chimie, en se fondant exclusivement sur des données quantitatives. D'autres que Lavoisier ont travaillé avant lui d'une manière quantitative et peut-être plus exactement qu'il ne l'a fait. Son grand mérite consiste à s'être servi des résultats obtenus, pour démontrer l'insuffisance de la théorie du phlogistique, en montrant que dans tout changement chimique, il y a, ou bien combinaison de deux ou plusieurs corps, ou un double échange des éléments en présence, sans que le poids total des corps entrés en réaction subisse une variation.

Lavoisier a donc le premier nettement formulé le principe de la conservation de la matière, qui avec celui de la conservation de l'énergie, est devenu la pierre fondamentale de l'édifice des sciences physiques modernes.

Trois questions fixèrent d'abord l'attention de Lavoisier :

1° La composition de l'air ;

2° L'augmentation de poids subie par les métaux lorsqu'on les calcine, ce qui impliquait :

3° l'insuffisance de la théorie du phlogistique.

Ces questions capitales, il les a résolues avec un rare discernement, non sans tâtonner toutefois ; il n'est pas arrivé du premier coup à la vérité, chose impossible si on se reporte au milieu scientifique de l'époque. Outre ces recherches, Lavoisier s'est beaucoup occupé de chimie appliquée ; c'est ainsi qu'il améliora notablement la fabrication de la poudre et donna un nouvel essor à l'agriculture.

Travaux de Lavoisier. Composition de l'air. Déjà avant Lavoisier, le médecin anglais Mayow (1645-1679), en se fondant sur des expériences très ingénieuses, avait admis dans l'air l'existence d'un fluide particulier, entretenant la combustion et la vie. Lavoisier ne se contenta point d'approfondir le phénomène, il isola sciemment les deux parties constituantes de l'air : la mofette ou air irrespirable (azote) et le principe comburant ou air vital (oxygène). Sans avoir découvert ce dernier corps, il a donné à cette découverte toute sa valeur, en fondant sur l'oxygène tout l'échafaudage de sa doctrine.

Pour démontrer que c'est véritablement à la fixation de cet élément qu'est due l'augmentation de poids des métaux chauffés à l'air, Lavoisier entreprend une série d'expériences fort ingénieuses, dans lesquelles il réfute victorieusement les idées de Boyle et de son école, d'après laquelle cette augmentation de poids est due à l'addition de la matière du feu qui y pénètre à travers les jours du vase et se combine avec le métal.

Lavoisier n'envisageait pas les gaz comme des fluides spéciaux ; il admettait que la même substance peut être à la fois solide, liquide et gazeuse, sans que sa nature en soit le moins du monde changée.

Après avoir démontré que l'air n'est pas un corps simple, mais qu'il est formé de deux principes très différents, il restait à éclaircir le rôle de chacun d'eux dans les phénomènes naturels. On savait par exemple que la respiration et la combustion s'arrêtent dans un espace privé d'air, mais, et c'est là le principal mérite de Lavoisier d'avoir éclairci cette question, on ignorait absolument si l'air contenait un principe actif, qui seul prenait part à la combustion et à la respiration.

L'étude attentive de la combustion, amena Lavoisier à reconnaître la composition de l'eau.

En brûlant de l'hydrogène (air inflammable) il n'obtint pas, ainsi qu'il le croyait, un acide, mais de l'eau, chimiquement pure. Non content d'avoir opéré ainsi la synthèse de l'eau, Lavoisier voulut corroborer ses résultats par l'analyse ; il réussit en effet à décomposer l'eau par le fer incandescent ; l'oxygène en se fixant sur le fer le transforma en éthiops martial (oxyde de fer) tandis que l'hydrogène mis en liberté, put facilement être recueilli et caractérisé.

Si l'eau en vapeur, en passant sur les métaux chauffés au rouge, est susceptible de les calciner (oxyder), elle devra se produire en revivifiant les chaux métalliques (oxydes) par l'hydrogène ; c'est ce que Priestley a démontré, seulement il en donne, ainsi que Cavendish et Watt, une explication erronée ; pour les chimistes anglais, c'est l'air inflammable ou phlogistique qui en se combinant avec les chaux donne les métaux ; quant à la formation d'eau et à la diminution de poids des oxydes métalliques, ils ne s'y arrêtent pas. Peu à peu la théorie de Lavoisier se répandit dans le monde savant, et la nouvelle génération l'adopta presque exclusivement.

Si nous considérons à notre point de vue ce combat mémorable entre la théorie du phlogistique et celle de Lavoisier, nous trouvons dans l'ancienne théorie un fait général, qui ne se révèla pas toutefois à ses partisans. Si au lieu de phlogistique, nous mettons le mot « énergie », la théorie du phlogistique devient l'expression des doctrines modernes sur la nature de la chaleur. Pendant la combustion, disaient les phlogisticiens, il se dégage du phlogistique ; Lavoisier dit : « il se fixe de l'oxygène sur le corps combustible » ; ceci seul est vrai tant que l'on considère le phlogistique comme un corps matériel, tandis qu'en disant « chaleur », au lieu de « phlogistique » nous pouvons fondre les deux théories en une seule et émettre cette définition : la combustion est un phénomène chimique dans lequel l'oxygène de l'air se fixe sur la matière combustible, en même temps qu'il se dégage autant de chaleur que celle qui est nécessaire pour décomposer le corps formé. Nous savons d'après les recherches modernes que la chaleur, n'étant qu'un mouvement moléculaire, est une des formes sous lesquelles se manifeste l'énergie.

Nous sommes maintenant arrivés à une étape dans la chimie : cessant d'être une science tant soit peu métaphysique, elle devient expérimentale ; on poursuit un but déterminé en se fondant surtout sur les données pondérales de la balance. L'édifice de Stahl, bâti sur le sable phlogistique, s'écroule d'un coup sous le souffle vivifiant de l'expérience, inaugurée par l'immortel Lavoisier.

A ce moment, où les théories chimiques subissent une transformation générale, il n'est pas inutile d'esquisser à grands traits les applications de la chimie jusqu'à Lavoisier.

— Si nous jetons un coup d'œil sur l'histoire de l'antiquité, nous ne tardons pas à trouver des traces de travaux chimiques chez les peuples les plus anciens. Les arts métallurgiques ont acquis une grande importance ; ce sont naturellement les métaux précieux, qui se trouvent à l'état natif, qui ont les premiers attiré l'attention de l'homme ; ainsi l'or et l'argent ont été vraisemblablement les premiers métaux employés ; les Egyptiens paraissent avoir les premiers employé l'or et l'argent comme moyen d'échange, à cause de leur grande valeur ; on commença par les vendre au poids, puis par des perfectionnements successifs, on arriva à fabriquer avec les métaux des pièces d'une certaine forme, marquées d'empreintes ou de signes convenus ; les monnaies les plus anciennes sont constituées par de l'or et de l'argent presque chimiquement purs ; on ne tarda pas à reconnaître que l'addition d'un autre métal rend les métaux précieux plus durs et, par conséquent, moins sujets à l'usure ; le titre des mon-

naies subit aussi des altérations et trop souvent des monarques peu scrupuleux s'établirent faux monnayeurs, pour se procurer les trésors nécessaires aux guerres qu'ils étaient obligés de soutenir contre leurs puissants vassaux.

Outre l'or et l'argent, les anciens connaissaient le plomb, l'étain et le cuivre, et plus tard le fer. Du temps d'Homère, par exemple, le fer était un métal relativement rare ; on employait à sa place l'airain, alliage de cuivre et d'étain, obtenu en fondant des minerais de cuivre avec de l'étain. C'est aux Gaulois que revient l'honneur de la découverte de l'étamage des vaisseaux de cuivre destinés à la cuisson des aliments.

L'industrie du verre est également fort ancienne ; les Egyptiens paraissent avoir reconnu de temps immémorial l'action vitrifiante des alcalis sur les matières siliceuses ; ils savaient aussi produire du verre diversement coloré ainsi qu'il ressort d'objets trouvés dans les monuments de l'antique Egypte. Quant aux faïences et aux poteries, leur origine est au moins aussi ancienne que celle du verre.

Si nous passons aux industries ayant rapport au règne organique, nous sommes tout naturellement amenés à nous occuper des étoffes. L'art de tisser remonte aux temps mythologiques ; le lin et le coton étaient également employés en Egypte ; le premier servait pour les vêtements des castes inférieures ; le second pour ceux des personnes de haut rang. L'attraction de l'homme pour ce qui est vif et brillant, a conduit de bonne heure à embellir les étoffes par l'art de la teinture ; les Egyptiens connaissaient l'emploi des mordants, qui permettaient de produire différentes couleurs sur la même étoffe, avec une seule matière colorante. La teinture des étoffes s'exécutait sur une vaste échelle dans les villes de Tyr et de Sidon, et à Narbonne.

Les exploitations métallurgiques ont été de tout temps répandues chez les peuples civilisés ; les Romains avaient entrepris d'immenses travaux, pour l'exploitation des richesses métallurgiques de l'Espagne et des Pyrénées ; au moyen âge, ces travaux furent étendus à l'Europe centrale et surtout à l'Allemagne. Le moyen âge ne voit poindre en fait d'industrie chimique nouvelle, que la découverte de la poudre à canon, ou plutôt son utilisation à l'artillerie, car des mélanges analogues étaient connus depuis fort longtemps. Le célèbre feu grégeois des Grecs et des Sarrazins, n'était qu'un mélange de salpêtre et de différents corps combustibles, tels que soufre, asphalte, etc.

A mesure que nous nous rapprochons des temps modernes, nous voyons se multiplier le nombre des chimistes qui essayent d'utiliser leurs connaissances et leurs découvertes par des applications industrielles ; nombre de souverains, séduits par une science qui semble promettre tant de merveilles, s'empressent à l'envi de fonder des écoles et des laboratoires modèles, où se font des recherches aptes à faire progresser la science et l'industrie. Mentionnons entre autres Charles XI, roi de Suède, qui créa en 1683 le laboratoire de Stockholm, dont Hierne et Wallerius eurent successivement la direction.

La découverte des mines de Pérou contribua au progrès de la chimie métallurgique, par l'énorme quantité de mercure qu'on y employait et qui amena des perfectionnements dans l'extraction du métal précieux.

Il serait injuste de passer sous silence le nom d'un des fondateurs de la chimie industrielle et agricole, du potier Bernard Palissy (1499-1589), le célèbre inventeur des rustiques figulines.

Au siècle suivant, nous assistons à la naissance de l'industrie de l'acide sulfurique. Au commencement du XVIIe siècle, Angelus Sala observe la formation d'acide sulfurique en brûlant du soufre dans des vases humides. En 1666, d'après les conseils de Lefèvre et de Lemery on ajouta un peu de salpêtre au soufre ; ce procédé simplifia énormément la fabrication de l'acide sulfurique et permit à Ward d'établir la première fabrique d'acide sulfurique à Richmond, près de Londres. Au milieu du XVIIIe siècle (1746) Rœbuck et Garbett érigèrent les premières chambres de plomb à Birmingham et à Preston-Pans, en Ecosse. La véritable industrie de l'acide sulfurique était créée ; depuis, cette fabrication subit encore de notables améliorations : la fabrication continue introduite par Clément Désormes en 1793, la tour de Gay-Lussac en 1827, la substitution des pyrites au soufre en 1837 ; mais ici nous anticipons sur les temps. Si nous avons insisté sur ce développement de l'industrie de l'acide sulfurique, c'est en égard à l'énorme importance industrielle de cette fabrication, Nous pouvons affirmer que les neuf dixièmes des industries chimiques nécessitent l'emploi de ce corps précieux ; sans lui, toute industrie chimique serait impossible.

L'industrie de la soude artificielle est presque contemporaine de celle de l'acide sulfurique. Elle est basée sur la transformation du chlorure de sodium en sulfate d'abord, puis en carbonate. On proposa divers agents pour arriver à cette transformation, mais ce ne fut qu'en 1792 que fut fondée la première fabrique de soude artificielle à St-Denis, par Leblanc, dont le procédé consistait à produire d'abord du sulfate de soude, au moyen du sel marin et d'acide sulfurique et à transformer ce sel en carbonate, en le chauffant avec un mélange de calcaire et de charbon (V. Soude).

L'acide sulfurique et la soude sont les pierres fondamentales de l'édifice de l'industrie chimique moderne ; nous assisterons maintenant à son développement progressif et ininterrompu qui marche de pair avec les progrès effectués en chimie pure.

Nous venons d'assister au triomphe des idées de Lavoisier ; attribuant à l'oxygène un rôle prépondérant dans les phénomènes chimiques, il nous indique la composition des acides et des oxydes, formés, les premiers, par l'union de l'oxygène avec un corps simple non métallique, les seconds par l'union d'un métal à l'oxygène.

En passant à l'étude des sels, Lavoisier explique le premier, le phénomène qui se passe lorsqu'on dissout un métal dans un acide ; par exemple, dans l'attaque du zinc par l'acide sulfurique, l'eau intervient, d'après lui, dans la réaction ; elle est décomposée par le métal, qui s'empare de son oxygène, en donnant de l'oxyde de zinc, qui s'unit alors à l'acide sulfurique, tandis que l'hydrogène mis en liberté se dégage.

Il existe pourtant des réactions, où les choses se passent différemment, témoin l'action du cuivre sur l'acide azotique ; dans ce cas, le cuivre décompose non l'eau, mais l'acide lui-même ; il s'empare d'une partie de son oxygène, en donnant des vapeurs nitreuses, et l'oxyde formé aux dépens d'une partie de l'acide, s'unit à ce qui en reste inaltéré pour former un sel, l'azotate de cuivre.

D'après tout ceci, un sel est donc formé par l'union d'un acide et d'une base ; voilà le germe de la théorie dualistique, théorie belle par sa simplicite et qui a régné sans partage dans la science pendant près de 60 ans ; nous verrons plus tard, qu'elle a dû céder le pas, dans ces derniers temps, à une théorie plus rationnelle, basée sur l'atomicité des élements.

Le trait caractéristique du système dualistique est la scission de tout corps en deux parties constituantes, simples ou composées ; dans le premier

cas, on a des composés binaires du premier ordre, (oxydes, acides, sulfures, etc.) ; dans le second, des composés binaires du second ordre, formés par l'union de deux composés binaires du premier (oxydes et acides). Jusqu'à Lavoisier, la nomenclature chimique n'existait pas ; Guyton de Morveau (1782) proposa le premier de nouvelles dénominations, ayant pour but de désigner la composition d'une substance par son nom même; Grâce au concours de Lavoisier, de Berthollet et de Fourcroy, la nouvelle langue ne tarda pas à s'adapter à la nouvelle théorie

Rappelons en peu de mots la nomenclature chimique proposée par ces savants et qui s'est maintenue jusqu'à nos jours.

La composition des corps étant binaire, leur nom est nécessairement formé de deux mots.

Les composés de l'oxygène sont les oxydes et les acides, ceux du soufre, les sulfures, etc. A côté de ce nom générique, nous trouvons un adjectif qui indique l'espèce et fait connaître le nom du corps simple, métalloïde ou métal, combiné, par exemple, avec l'oxygène.

Exemple :

Oxyde de plomb (oxygène + plomb).
Acide sulfurique (oxygène + soufre).
Sulfure de zinc (soufre + zinc).

Comme on avait remarqué que deux corps peuvent former entre eux plusieurs combinaisons, on a désigné ces combinaisons en faisant précéder l'un ou l'autre mot de prépositions grecques ; par exemple, pour l'oxygène ces prépositions indiquent les différents degrés d'oxydation. Ou bien, on ajoute à l'adjectif des terminaisons variables. Le tableau suivant indique les combinaisons du chlore avec l'oxygène en commençant par les moins oxygénés :

Acide. .	*hypo*chlor*eux*..	(*hypo* — *eux*).
Acide. .	chlor*eux*. . . .	(— *eux*).
Acide. .	*hypo*chlor*ique*.	(*hypo* — *ique*).
Acide. .	chlor*ique* . . .	(— *ique*).
Acide. .	*hyper*chlor*ique*	(*hyper* ou *per* — *ique*).

Si les deux corps ne forment que deux combinaisons, on se sert simplement des deux terminaisons *eux* et *ique*.

Exemple :

Oxyde ferr*eux* (le moins oxygéné).
Oxyde ferr*ique* (plus riche en oxygène).

Deux mots de même pour désigner les sels : l'un marquant le genre, déterminé par l'acide ; l'autre l'espèce, déterminée par le métal.

Exemple :

Sulfate de suivre (composé d'acide sulfurique et d'oxyde de cuivre).

Si le métal forme deux ordres de combinaison, on ajoute les terminaisons *eux* et *ique*,

Exemple :

Sulfate ferr*eux* (acide sulfurique + oxyde ferreux).
Sulfate ferr*ique* (acide sulfurique + oxyde ferrique).

Ce système, bien que reposant sur des faits, n'était au fond qu'hypothétique en grande partie, car il préjugeait un certain groupement des éléments, qui n'était rien moins que démontré. Toutefois, à cette époque, cette hypothèse, non seulement rendait compte de tous les faits connus, mais elle en fit découvrir de nouveaux.

Lavoisier avait assimilé les alcalis aux oxydes, sans parvenir à en extraire la base métallique ; c'est à Davy (1807) que revient l'honneur de cette découverte ; en décomposant par une pile puissante la potasse et la soude, il parvint à les scinder en oxygène et en potassium ou sodium.

Lavoisier s'est également trop avancé en affirmant que tous les acides renferment de l'oxygène ; en 1789, Berthollet montra l'exagération de cette assertion, par l'étude de l'acide prussique (cyanhydrique) et de l'hydrogène sulfuré, corps à caractère acide et exempts d'oxygène.

Mais l'exception la plus marquée à la règle de Lavoisier est l'acide muriatique (chlorhydrique) ; c'est un acide énergique, neutralisant les alcalis tout comme l'acide sulfurique, en donnant lieu aux mêmes phénomènes : formation d'une matière saline, élévation considérable de température, etc., et pourtant il ne renferme pas d'oxygène. En s'appuyant sur ces faits, Davy fonda une théorie des sels qui ne fut pas admise par ses contemporains, comme contraire aux idées reçues ; on y revient aujourd'hui ; nous aurons l'occasion de l'exposer plus loin.

Pendant que Lavoisier travaillait à établir les fondements de sa nouvelle doctrine, un chimiste allemand, Wenzel, cherchait à éclaircir la composition des sels ; il parvint à démontrer que dans les doubles décompositions, c'est-à-dire dans la décomposition de deux sels l'un par l'autre, les quantités relatives de bases qui neutralisent un certain poids d'un acide, sont les mêmes qui neutralisent un poids déterminé d'un autre acide ; de là découle la loi de l'équivalence, énoncée plus tard par Richter (1762-1807) : *les rapports pondéraux suivant lesquels les acides se combinent aux bases sont absolument fixes.*

Finalement, la loi des proportions multiples, due au célèbre chimiste anglais Dalton (1766-1844), vint couronner l'édifice de Lavoisier, de Richter et de Wenzel en montrant, que *lorsque deux corps se combinent en plusieurs proportions, les poids de l'un d'eux, qui se combinent avec le même poids de l'autre, sont entre eux dans des rapports simples et invariables.* Là ne se borne pas le mérite de Dalton ; après avoir énoncé cette loi, il proposa, pour l'expliquer, une hypothèse qui a acquis de nos jours toute sa valeur et a fini par être universellement adoptée.

Reprenant et précisant les idées des philosophes grecs, il admit que les corps étaient composés d'atomes, particules infiniment petites, indivisibles par tous les moyens connus, qui possédaient un poids fixe pour chaque atome de la même substance ; la combinaison de deux ou plusieurs corps s'explique alors par la juxtaposition de leurs atomes et non par la pénétration de leur substance. Il est clair alors que les ato-

mes de deux corps A et B, ayant un poids fixe et invariable pour chacun d'eux, un atome de A ne peut se combiner qu'à un nombre entier d'atomes de B, puisque les atomes sont indivisibles ; par conséquent, les poids de B qui se combinent au même poids de A sont entre eux dans un rapport invariable pouvant s'exprimer par des nombres entiers.

Les proportions définies, ou proportions multiples suivant lesquelles deux corps se combinent, représentent des poids relatifs, non les poids absolus de leurs atomes. On prend pour terme de comparaison le poids de l'un des atomes, pris comme unité. Dalton choisit pour unité l'hydrogène.

Or, d'après Dalton, l'hydrogène se combine à 7 d'oxygène, pour former l'eau : 7 est donc le poids atomique de l'oxygène. Ainsi, les poids atomiques ne représentaient à cette époque que les proportions pondérales, suivant lesquelles les corps se combinent. Wollaston les nommait *équivalents*, Davy *nombres proportionnels*.

Il est facile de voir que la loi de Dalton s'applique aux corps composés ; un corps composé étant formé par la réunion d'atomes qui se juxtaposent, pour former une molécule, lorsque ce corps se combine à un autre, ce sera par une ou plusieurs molécules, mais jamais par une fraction de molécule, qui implique nécessairement la destruction du corps composé ; on voit alors clairement que les lois de Wenzel et de Richter ne sont qu'un cas particulier de la grande loi des proportions multiples.

Les idées de Dalton ne furent pas au commencement accueillies avec faveur en France ; Berthollet, notamment, n'envisageait la loi des proportions définies, que comme un fait accidentel, dû à des forces étrangères à l'affinité chimique ; toutefois, la thèse contraire fut victorieusement soutenue par Proust et il en fut des idées de Berthollet comme de celles de Stahl ; elles ne purent résister à l'autorité des faits et la loi des proportions multiples, une des lois fondamentales de la chimie, finit par sortir triomphante de ce grand débat. Tout récemment, les admirables travaux de Stas ont montré que cette loi n'est pas soumise à des perturbations sensibles, et ont donné au moyen de toutes les ressources dont dispose la science moderne, une éclatante confirmation à la belle conception de Dalton.

Peu de temps après la découverte de la loi des proportions multiples, un savant français, Joseph-Louis Gay-Lussac (1778-1840), découvrait la loi qui porte son nom sur la combinaison des gaz. En 1805, il démontra, en collaboration avec Alexandre de Humboldt, que 2 volumes d'hydrogène se combinent exactement à 1 volume d'oxygène, pour former l'eau. Plus tard, en 1809, il généralisa cette observation et établit la loi suivante : *Dans la combinaison de deux gaz, il existe un rapport simple entre les volumes des gaz composants et celui du composé formé.* Quelques exemples feront mieux comprendre cette loi.

2 volumes d'hydrogène s'unissent à 1 volume d'oxygène, pour former 2 volumes de vapeur d'eau ; 1 volume d'azote s'unit à 3 volumes d'hydrogène, en donnant 2 volumes de gaz ammoniac ; 1 volume de chlore s'unit à 1 volume d'hydrogène et forme 2 volumes de gaz, acide chlorhydrique. Nous voyons que dans les deux premiers cas, il y a contraction du volume gazeux, tandis que dans le troisième, le volume du composé égale la somme des volumes des composants. Jamais toutefois il n'y a dilatation, jamais le volume du composé ne dépasse celui de ses composants.

De la loi de Gay-Lussac on déduit, en adoptant l'hypothèse atomique de Dalton, qu'il doit exister une corrélation intime entre les densités des gaz et leurs poids atomiques ; prenons un exemple pour fixer les idées, si 1 volume de chlore s'unit à 1 volume d'hydrogène, le poids d'un volume de chlore doit représenter le poids d'un atome de ce corps, de même que le poids d'un volume d'hydrogène celui d'un atome d'hydrogène. Nous savons aujourd'hui que les densités des gaz sont proportionnelles aux poids de leurs atomes, ou à des multiples simples de ces poids.

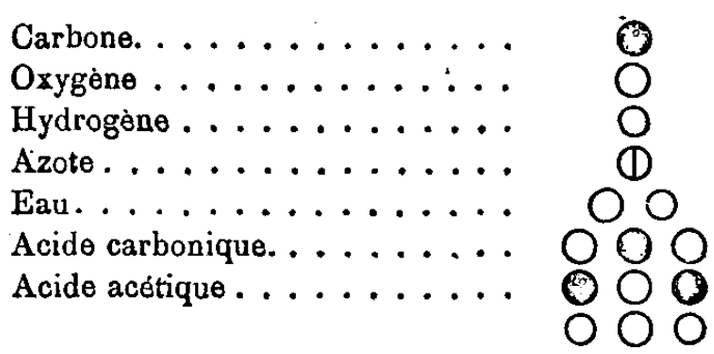
En 1811, peu de temps après la découverte de Gay-Lussac, un chimiste italien, Amédée Avogadro, émit sur la constitution des gaz des idées très rationnelles, se rapprochant beaucoup des idées modernes ; il envisage les gaz comme formés de particules matérielles, assez espacées pour n'être plus soumises à l'influence de l'attraction réciproque ; les petites masses, qu'il nomme *molécules intégrantes* ou *constituantes*, n'obéissent plus qu'à la force répulsive de la chaleur ; d'après Avogadro, volumes égaux de gaz différents (simples ou composés) renferment un nombre égal de molécules intégrantes. Dans sa pensée, ces molécules intégrantes ne sont pas les atomes proprement dits ; elles sont formées par des agrégations d'atomes, formant un système régi par l'affinité chimique. Comme d'habitude, la belle conception d'Avogadro est passée inaperçue de ses contemporains ; on a confondu les molécules constituantes avec les atomes et la loi d'Avogadro n'est plus juste, appliquée à ceux-ci. Ce n'est qu'après un demi-siècle, que les idées du chimiste italien développées plus tard (1834) par Ampère, ont fini par s'introduire définitivement dans la science moderne.

A cette époque apparaît Berzélius (1779-1848). Doué d'une persévérance extraordinaire, l'illustre Suédois a complété le système de la chimie dualistique, en adoptant l'hypothèse de Schweigger sur la polarité électrique ; cette hypothèse, connue sous le nom d'hypothèse électro-chimique, donne d'après lui la clef du dualisme. Les nombreuses déterminations de poids atomiques qu'il a exécutées avec un soin extrême, l'invention de formules aptes à exprimer la composition des corps, ont fait de Berzélius un des fondateurs de la chimie moderne.

Dalton envisageait les poids atomiques comme les proportions suivant lesquelles les corps se combinent. Par exemple, 8 parties d'oxygène s'unissent à 1 partie d'hydrogène pour former l'eau ; huit est le poids atomique ou l'équivalent

(le mot est de Wollaston) de l'oxygène. Berzélius, au contraire, s'appuyant sur la loi de Gay-Lussac sur la combinaison des gaz, d'après laquelle, 2 volumes d'hydrogène s'unissent à 1 volume d'oxygène, admet que 2 atomes d'hydrogène s'unissent à 1 atome d'oxygène ; le poids atomique de l'oxygène se trouve alors doublé. C'est ainsi que s'est introduite dans la science la distinction entre poids atomique et équivalent. Dans l'exemple que nous avons choisi, l'équivalent de l'oxygène est 8 (hydrogène = 1) tandis que son poids atomique est 16.

Déjà les anciens alchimistes s'étaient servis de signes bizarres pour représenter les corps. On doit à Dalton un essai plus rationnel ; il proposait de représenter les atomes par des signes particuliers et les corps composés par un assemblage de ces signes ; le tableau suivant exprime ces idées.



On voit déjà l'inconvénient du système ; pour peu que les corps présentent une composition compliquée, les formules prennent une place énorme et on ne peut reconnaître à première vue la composition d'un corps. Berzélius proposa une autre manière de représenter graphiquement les corps, qui s'est conservée jusqu'à nos jours.

Les symboles dont il se sert sont en général la première ou les deux premières lettres du nom latin du corps ; le symbole est affecté d'un coefficient, indiquant le nombre d'atomes contenus dans la molécule.

Le symbole H signifiant hydrogène, O oxygène, la formule H^2O indique que l'eau est formée d'un atome d'oxygène et de deux d'hydrogène.

Le dualisme régnait alors dans les idées ; Berzélius l'a introduit dans ses formules, qui font alors admirablement ressortir les relations des corps entre eux. La formule $SO^3.KO$. sulfate de potasse, outre la composition qualitative et quantitative du composé, exprime ce fait, que l'oxygène est partagé entre la base (potasse) et l'acide (acide sulfurique) qui par leur union forment le sel (sulfate de potasse).

Comment Berzélius expliquait-il le dualisme ? Cette question nous amène naturellement à l'exposé sommaire de l'hypothèse électro-chimique. Déjà Davy avait admis que les corps qui possèdent de l'affinité chimique les uns pour les autres, se trouvent dans un état électrique opposé ; la chaleur et la lumière qui se manifestent souvent lorsque deux corps se combinent, ne sont qu'une manifestation électrique, semblable à la production de l'étincelle ; enfin, par la décomposition par la pile, le courant électrique en restituant l'électricité perdue lors de la combinaison, régénère les corps élémentaires qui se précipitent chacun aux pôles de nom contraire. Berzélius s'est emparé de cette idée en la précisant. Il admet avec Schweigger, que les atomes de tous les corps ont deux pôles, où s'accumulent des quantités d'électricité qui ne sont pas toujours égales ; suivant que l'électricité positive ou négative prédomine, le corps est électropositif ou électronégatif ; les quantités d'électricité des différents corps sont loin d'être égales ; en un mot, tous les corps sont polarisés d'une manière différente par l'électricité, et cette polarité peut varier avec la température.

Lorsque deux corps se combinent, leurs atomes se juxtaposent par leurs pôles de nom contraire ; il se perd ainsi une certaine quantité d'électricité, qui se manifeste sous forme de chaleur et de lumière.

Berzélius a partagé les corps en électropositifs et électronégatifs, suivant que l'une ou l'autre des deux électricités prédomine ; il admet, en outre, que l'intensité de la polarisation n'est pas la même pour tous les corps ; ainsi, par exemple, l'oxygène et le soufre sont des corps électronégatifs, le premier plus que le second, l'or est électropositif ; malgré cela l'oxygène possède plus d'affinité pour le soufre que pour l'or ; l'atome de soufre contient à un de ses pôles une quantité d'électricité positive plus grande que celle contenue dans l'atome de l'or ; or, les atomes s'attirant par les pôles de nom contraire, il s'ensuit que le soufre s'unit à l'oxygène plus facilement que l'or. On voit également que dans la combinaison du soufre avec l'oxygène, il ne saurait y avoir neutralisation, le soufre apportant à l'oxygène un excès notable d'électricité négative, accumulée à un de ses pôles ; il en résulte que le produit de l'union de ces deux éléments, doit être électronégatif lui-même ; c'est l'acide sulfurique — Les métaux sont au sommet de l'échelle électropositive ; combinés à l'oxygène, ils donnent des corps électropositifs — le potassium, par exemple, forme avec l'oxygène une base puissante, la potasse ; ce corps a une grande affinité pour l'acide sulfurique ; cette affinité est due à l'opposition de leurs états électriques. Donc, dans l'hypothèse de Berzélius, les acides résultent de l'union d'un corps électronégatif avec l'oxygène, les bases de l'union d'un corps électropositif avec cet élément.

Il était réservé à Laurent et Dumas de porter le premier coup à l'édifice de Berzélius. En 1834, M. Dumas commença à étudier l'action du chlore sur les substances organiques. Nous ne pouvons ici que résumer le fait principal qui se déduisit de ses recherches, effectuées avec un rare discernement ; M. Dumas trouve que le chlore est susceptible de remplacer l'hydrogène, atome par atome, sans que par cette substitution, la nature intime du corps se trouve changée ; il confirma ainsi les idées émises par Laurent à ce sujet quelques années auparavant. Pour préciser, nous prendrons comme exemple l'acide acétique. Vient-on à soumettre ce corps à l'action du chlore, il perd 3 atomes d'hydrogène, qui sont remplacés par 3 atomes de chlore, et dit M. Dumas, chose remarquable, au moins pour ceux qui répugnent à trouver dans le chlore un corps capable de se substituer à l'hydrogène dans le sens exact et complet du mot, le vinaigre (acide acétique) chloré

est toujours un acide comme le vinaigre ordinaire. Son pouvoir acide n'a pas changé. Il sature la même quantité de base qu'auparavant ; il la sature également bien, et les sels auxquels il donne naissance, comparés aux acétates, présentent des rapprochements pleins d'intérêt et de généralité.

Ce fait, M. Dumas insistait avec raison sur son importance, contredisait absolument la théorie électro-chimique de Berzélius. Aussi ce dernier, fut-il dès l'origine l'adversaire des théories exposées par Laurent et Dumas, connues sous le nom de *théorie des substitutions*, et voici quelle explication il donnait des faits découverts par ces savants, faits qu'il ne pouvait révoquer en doute. Pour lui, le chlore, élément électronégatif, joue le même rôle que l'oxygène ; dans les composés organiques, il est uni aux radicaux hydrocarbonés électropositifs. Un corps qui ne renferme que du carbone, de l'hydrogène et du chlore est un chlorure ; renferme-t-il encore de l'oxygène c'est à la fois un chlorure et un oxyde ; c'est un composé binaire encore, formé par l'union de deux composés binaires. D'après ceci, l'acide acétique est du trioxyde d'acétyle, uni à de l'eau ; quant à l'acide trichloracétique, c'est un composé de sesquichlorure de carbone et de sesquioxyde de carbone (acide oxalique) le tout uni à de l'eau. Les formules suivantes font ressortir les deux manières de voir ; celle unitaire ou de substitution, proposée par M. Dumas ; celle binaire de Berzélius.

	Formules de substitution.	Formules de Berzélius.
Acide acétique	$C^4H^3O^3.HO$,	$C^4H^3.O^3+HO$
Acide trichloracétique	$C^4Cl^3O^3.HO$,	$C^2O^3C^2Cl^3+HO$

Ainsi donc, ces deux corps, l'acide acétique et l'acide trichloracétique, qui présentent des analogies si marquées, Berzélius les éloigne l'un de l'autre. Plus tard, lorsque M. Melsens réussit à préparer l'acide acétique au moyen de l'acide trichloracétique, par un procédé de substitution inverse à celui qui produit ce dernier corps, Berzélius dut se rendre à l'évidence ; il admit le fait des substitutions, en sauvant les apparences par une restriction insignifiante ; il admettait que l'acide acétique et l'acide trichloracétique étaient tous deux des acides oxaliques copulés, le dernier renfermant 3 atomes de chlore substitués à trois atomes d'hydrogène. Les formules suivantes font ressortir cette manière de voir :

$C^2Cl^3C^2O^3+HO$ acide trichloracétique.
$C^2H^3.C^2O^3+HO$ acide acétique.

M. Dumas a également démontré que des groupes d'atomes, des radicaux, peuvent également se substituer à l'hydrogène des composés organiques ; les corps nitrés, formés par l'action de l'acide nitrique sur un grand nombre de composés organiques, ont été envisagés comme renfermant les éléments de l'acide hyponitrique substitués à l'hydrogène.

La théorie des substitutions a été étendue par Gerhardt aux composés inorganiques ; les sels envisagés à son point de vue unitaire, se sont produits par substitution. Il envisage les oxydes, les acides et les sels comme des molécules uniques, formées d'atomes dont quelques-uns peuvent être échangés par voie de double décomposition. Ces idées avaient déjà été émises par le grand chimiste anglais Davy que nous avons eu déjà l'occasion de citer.

En 1815, Davy émettait l'idée que les propriétés acides de l'acide iodique étaient en rapport avec l'hydrogène qu'il renferme, cet hydrogène pouvant être remplacé par un métal.

Pourquoi, remarquait-il ensuite, le chlorate de potasse est-il un sel neutre, ainsi que le chlorure de potassium qui résulte du premier par l'élimination de son oxygène ? Ce n'est donc pas l'oxygène qui donne à l'acide chlorique ses propriétés acides, car l'acide chlorhydrique qui n'en renferme pas est pourtant un acide énergique. C'est l'hydrogène de l'acide chlorique qui remplacé par un métal fournit un sel ; c'est dans la présence de l'hydrogène qu'il faut chercher la raison d'être des propriétés acides de l'acide chlorique. Les idées de Davy furent adoptées par Dulong qui admit en outre que les oxacides possèdent une constitution binaire comme les hydracides ; l'hydrogène au lieu d'y être uni à un corps simple, est uni à un radical oxygéné, faisant fonction de corps simple.

Ainsi donc, d'après Davy, Dulong et Gerhardt, un acide est un corps hydrogéné ; en substituant un métal à cet hydrogène, on obtient un sel. Lorsque une base se combine avec un acide, l'hydrogène de ce dernier s'unit au reste de la base et le métal remplace cet élément dans l'acide en donnant un sel.

L'équation chimique qui représente par exemple la formation du sulfate de potasse d'après la notation dualistique, est :

$$SO^3.HO+KO.HO=SO^3.KO+2HO$$

Dans la notation de Gerhardt, elle devient :

$$\cancel{SO^4H^2}+2\cancel{KOH}=\cancel{K^2SO^4}+2\cancel{H^2O}$$

Gerhardt a eu aussi le mérite de fonder une notation sur un nouveau système de poids atomiques ; frappé, entre autres, du fait que dans toutes les réactions de la chimie organique, il ne se produit jamais ce qu'on nommait alors un équivalent d'eau ou d'acide carbonique, mais toujours deux équivalents ou un multiple de cette quantité, il fut amené à réduire de moitié toutes les formules organiques, en doublant le poids atomique du carbone et de l'oxygène.

D'autres considérations sur les volumes des corps à l'état gazeux, dont l'exposé nous entraînerait trop loin, ont conduit Gerhardt à modifier les formules attribuées par Berzélius à plusieurs composés inorganiques. Ainsi, la molécule de l'ammoniaque ne renferme plus 2 atomes d'azote pour 6 d'hydrogène, mais le rapport des atomes d'azote et d'hydrogène est de 3 à 1. Elle ne doit pas se formuler Az^2H^6 mais AzH^3. De même, l'acide chlorhydrique n'est pas H^2Cl^2, mais HCl.

De ces considérations, et d'une saine appréciation des analogies, Gerhardt déduisit un système de formules, différant à la fois de celles de Berzélius et de celles usitées depuis par les équivalentistes, mais qui étaient rigoureusement comparables entre elles ; ces formules n'ont encore aujourd'hui rien perdu de leur valeur.

Jusqu'ici, la théorie des substitutions, développée par Laurent et Gerhardt et la théorie des radicaux préconisée par Berzélius, séparaient les chimistes en deux camps. Les partisans des idées du grand chimiste suédois, avaient dû accepter le fait des substitutions, mais le dualisme était toujours en face de l'idée unitaire. La belle découverte des ammoniaques composées, due à M. Wurtz et celle des éthers mixtes, due à M. Williamson, ont amené une conciliation entre ces deux théories ; de là l'origine de la théorie des *types*.

En parlant de la découverte de l'acide chloracétique, nous avons vu, que par la substitution de l'hydrogène par le chlore, les propriétés fondamentales de l'acide acétique ne subissent pas de profondes modifications ; c'est ce que M. Dumas exprimait, en disant que l'acide acétique et l'acide chloracétique appartiennent au *méme type chimique*.

Plus tard, les belles découvertes de M. Wurtz et de M. Hofmann sur les ammoniaques substituées, vinrent élargir le cadre de la théorie des types. Ces illustres savants envisagèrent les ammoniaques composées comme de l'ammoniaque, dont l'hydrogène est remplacé par 1 ou plusieurs radicaux ou groupements alcooliques.

Si on écrit l'ammoniaque :

$$Az \left\{ \begin{matrix} H \\ H \\ H \end{matrix} \right.$$

Les formules de quelques ammoniaques composées peuvent s'écrire ainsi :

$$Az \left\{ \begin{matrix} H \\ H \\ C^2H^5 \end{matrix} \right. \qquad Az \left\{ \begin{matrix} H \\ C^2H^5 \\ C^2H^5 \end{matrix} \right. \qquad Az \left\{ \begin{matrix} C^2H^5 \\ C^2H^5 \\ C^2H^5 \end{matrix} \right. \left(\begin{matrix} \text{nouvelle} \\ \text{notation} \end{matrix} \right)$$

Ethylamine — Diéthylamine — Triéthylamine

Ces formules expriment en quelque sorte la constitution intime de ces corps ; en les rattachant tous au même type, on indique que leurs propriétés doivent avoir de nombreux points de contact. Trois ans plus tard, les beaux travaux de M. Williamson, introduisirent dans la science le type eau. Ce savant rangeait dans ce type les alcools, les éthers, les oxydes, les acides et les sels de la chimie minérale. En remplaçant par exemple un atome d'hydrogène de l'eau par le groupement atomique éthyle C^2H^5, nous avons l'alcool éthylique ou ordinaire.

$$\left. \begin{matrix} H \\ H \end{matrix} \right\} O \qquad \left. \begin{matrix} H \\ C^2H^5 \end{matrix} \right\}$$

Eau — Alcool

Substituons le chlore à l'hydrogène ; nous aurons l'acide hypochloreux ; le potassium nous donnera la potasse caustique

$$\left. \begin{matrix} H \\ H \end{matrix} \right\} O \qquad \left. \begin{matrix} H \\ Cl \end{matrix} \right\} O \qquad \left. \begin{matrix} H \\ K \end{matrix} \right\} O$$

Eau — Acide hypochloreux — Potasse

Le sel résultant de l'union de la potasse avec l'acide hypochloreux, se formule alors $\left. \begin{matrix} H \\ Cl \end{matrix} \right\} O$, et la réaction qui lui donne naissance, est exprimée par l'équation suivante :

$$\left. \begin{matrix} K \\ H \end{matrix} \right\} O + \left. \begin{matrix} Cl \\ H \end{matrix} \right\} O = \left. \begin{matrix} H \\ H \end{matrix} \right\} O + \left. \begin{matrix} K \\ Cl \end{matrix} \right\} O$$

Potasse hydratée — Acide hypochloreux — Eau — Hypochlorite de potasse

Les acides organiques peuvent également se rapporter au type eau. L'acide acétique, par exemple, est de l'eau dont un atome d'hydrogène est remplacé par le radical acétyle C^2H^3O :

$$\left. \begin{matrix} C^2H^3O \\ H \end{matrix} \right\} O$$

Acide acétique

Puisque nous parlons de radicaux, il est nénessaire de préciser en quoi les radicaux de Gerhardt diffèrent de ceux admis par Berzélius et son école. D'après Berzélius, les radicaux existent tout isolés dans la molécule : ils jouent le rôle de corps simples et peuvent former des combinaisons binaires par *voie d'addition* ; dans l'idée de Gerhardt, au contraire, les radicaux sont des résidus, des molécules incomplètes, non isolables, qui passent intacts d'une combinaison dans l'autre, par voie de double échange.

Dans la théorie des types, on peut prévoir le cas où les deux atomes d'hydrogène de l'eau sont substitués, soit par des corps simples, soit par des radicaux composés ; en un mot, à côté du corps $\left. \begin{matrix} K \\ H \end{matrix} \right\} O$ la théorie permet de prévoir l'existence d'un corps deux fois substitué, $\left. \begin{matrix} K \\ K \end{matrix} \right\} O$. Un pareil corps existe en effet ; c'est l'oxyde de potassium, ou potasse anhydre ; l'acide acétique étant

$$\left. \begin{matrix} C^2H^3O \\ H \end{matrix} \right\} O,$$

en substituant le dernier atome d'hydrogène du reste de l'eau par l'acétyle ; nous devons avoir l'oxyde d'acétyle $\left. \begin{matrix} C^2H^3O \\ C^2H^3O \end{matrix} \right\} O$, correspondant à l'oxyde de potassium ; M. Williamson a prévu l'existence de ce corps. C'est l'anhydride acétique, découvert plus tard par Gerhardt.

Ce savant montre ensuite que l'on peut rapporter beaucoup de corps au type hydrogène $\left. \begin{matrix} H \\ H \end{matrix} \right\}$; dans ce type rentraient les sels binaires, les aldéhydes, les hydrocarbures.

MM. Kolbe et Frankland avaient isolé le méthyle et l'éthyle ; Gerhardt montra qu'il fallait doubler les formules de ces corps ; l'éthyle devient alors le diéthyle, le méthyle le diméthyle, qui est identique avec l'éthane ; avec Laurent, il envisage la molécule d'hydrogène et celle du chlore comme formée de deux atomes ; le chlore et l'hydrogène libres ne sont pas constitués par un seul atome ; tout aussi peu que le radical méthyle CH^3, l'atome de chlore existe à l'état libre ; en réalité, le chlore libre est du chlorure de chlore, l'hydrogène libre de l'hydrure d'hydrogène ; par voie de double échange, il y a bien une substitution partielle de chlore et de l'hydrogène des molécules de ces corps.

Ainsi il est inexact d'écrire

$$H + Cl = \left. \begin{matrix} H \\ Cl \end{matrix} \right\}$$

Il faut écrire

$$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}Cl\\Cl\end{matrix}\right\} = 2\left.\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right\}$$

Gerhardt fit rentrer dans le type ammoniaque les amides, découvertes par M. Dumas ; d'après lui, les amides diffèrent des amines ou ammoniaques composées, par la nature oxygénée du radical qui se substitue l'hydrogène. L'inspection des deux formules suivantes aidera à comprendre ces différences :

$$Az\left\{\begin{matrix}H\\H\\C^2H^5\end{matrix}\right. \qquad Az\left\{\begin{matrix}H\\H\\C^2H^3O\end{matrix}\right.$$

Ethylamine — Acétamide

En un mot, les formules typiques, fondées sur l'étude attentive des réactions, indiquent en quelque sorte la constitution des corps ; elles présentent sous une forme claire, les rapports des corps entre eux. Citons comme dernier développement de cette théorie, l'établissement des types condensés de M. Williamson, l'idée des types mixtes due à M. Odling. En effet, pour ne citer qu'un seul exemple, l'acide sulfurique est bibasique ; une molécule de cet acide suffit pour saturer deux molécules de potasse ; il contient donc deux atomes d'hydrogène typique, qui peuvent être remplacés par des métaux ; M. Williamson le fait dériver de deux molécules d'eau, dont 2 atomes d'hydrogène sont remplacés par le radical bibasique sulfuryle SO^2.

$$\left.\begin{matrix}H^2\\H^2\end{matrix}\right\}O \qquad \left.\begin{matrix}SO^2\\H^2\end{matrix}\right\}O^2 \qquad \left.\begin{matrix}SO^2\\K^2\end{matrix}\right\}O^2$$

Type eau condensé deux fois — Acide sulfurique — Sulfate de potassium

En développant davantage cette formule, on voit que c'est le radical sulfuryle qui rive les deux molécules d'eau, qui ont perdu chacune un atome d'hydrogène.

$$\left.\begin{matrix}H\\H\\H\\H\end{matrix}\right\}O \qquad \left.\begin{matrix}H\\SO^2\\H\end{matrix}\right\}O \quad \text{ou plus simplement} \quad \left.\begin{matrix}SO^2\\K^2\end{matrix}\right\}O^2$$

2 molécules d'eau — Acide sulfurique

Comme exemple d'un type mixte, considérons une molécule d'eau et une molécule d'acide chlorhydrique et remplaçons par le radical sulfuryle, un atome d'hydrogène du type eau et un de l'acide chlorhydrique.

$$\left.\begin{matrix}Cl\\H\\H\\H\end{matrix}\right\}O$$

Les deux restes de molécules, acide chlorhydrique et eau, se trouvent ainsi rivées en une seule, par l'intermédiaire du radical sulfuryle SO^2, comme il ressort de la formule suivante :

$$\left.\begin{matrix}Cl\\SO^2\\H\end{matrix}\right\}O$$

qui est celle d'une chlorhydrine sulfurique ; c'est ce que M. Odling a nommé un type mixte.

Nous venons d'exposer la théorie des types dans sa plus large acception ; nous allons voir qu'elle est dans de certains cas insuffisante à expliquer des réactions plus compliquées.

En effet, en chimie organique surtout, tout n'est pas double décomposition ; il est des cas où le radical, au lieu de passer simplement d'une molécule à l'autre, succombe dans la réaction. Ici s'arrête la théorie des types ; elle considère le radical composé comme un tout, et lorsqu'un dédoublement a lieu, elle ne saurait peindre la transformation profonde qui atteint le corps même de la molécule organique, puisqu'elle ignore la nature intime des radicaux.

Nous voici arrivés au terme de l'exposition des doctrines chimiques, jusqu'à l'établissement de la théorie des types ; nous venons de montrer que cette théorie n'était pas le dernier mot de la science et le lecteur pressent déjà, que pendant que l'expérience s'enrichissait dans ces vingt dernières années de tant de nouveaux faits, dus au labeur incessant d'une pléiade de savants illustres et de modestes chercheurs, les théories autrefois universellement admises ont dû subir de nombreux et importants changements. Le cadre de cet article ne nous permettant pas de nous étendre longuement sur les théories actuelles, qu'on trouve exposées dans beaucoup de traités spéciaux, nous devons nous borner à une courte exposition de ces doctrines, qui ont pour fondement la théorie de l'atomicité.

Toutefois, avant de passer à cet exposé, il ne sera pas inutile de le faire précéder par quelques considérations sur l'état général de la chimie dans la seconde moitié de ce siècle. Depuis longtemps déjà, l'attention des chimistes s'était portée sur les corps provenant du règne végétal et animal ; les principes qu'on était parvenu à extraire du corps des plantes et des animaux, avaient fait l'objet des études des alchimistes et plus tard des chimistes proprement dits.

Le nombre, de ces corps d'abord très limité, ne tarda pas à s'accroître et de nos jours on peut affirmer, sans être taxé d'exagération, que ces composés dépassent de beaucoup celui des composés de la chimie minérale. On divisa donc de bonne heure la chimie en deux parties ; la chimie minérale ou inorganique, qui s'occupe de l'étude des corps dérivant de la nature minérale, et la chimie organique qui étudiait les corps d'origine animale ou végétale. Il est digne de remarque que le nombre des éléments qui constitue les corps organiques est très petit ; la plupart d'entre eux ne renferment que du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote ; ce dernier est caractéristique surtout pour les corps tirés du règne animal.

Pendant longtemps une barrière insurmontable semblait s'élever entre la chimie inorganique et la chimie organique. En effet, tandis que les substances inorganiques peuvent être reproduites généralement par synthèse, les substances organiques se trouvent toutes formées dans la nature et on ne pouvait pas autrefois les préparer artificiellement au moyen de leurs éléments ; cette impossibilité conduisit beaucoup de savants à admettre avec

Berzélius l'existence d'une force particulière, la *force vitale* qui présidait à la formation des corps organiques.

Le premier pas vers la synthèse des corps organiques fut fait en 1828 par un illustre chimiste allemand, M. Wehler. Il réussit à préparer l'urée, corps tiré du règne animal, en partant de produits inorganiques ; cette belle découverte montra ainsi que les lois qui président à la formation des corps organiques ne diffèrent pas des lois de la chimie minérale.

Toutefois, cette grande découverte resta pendant longtemps isolée et c'est surtout à un savant français, M. Berthelot, que revient le mérite d'avoir insisté sur l'importance de la synthèse en chimie organique.

Citons parmi les synthèses les plus importantes : celle de l'acide acétique par M. Kolbe, de l'acide formique, de l'alcool et de la benzine par M. Berthelot, des dérivés uriques par M. Grimaux, etc. C'est ici surtout que se manifeste l'importance des études théoriques sur le développement de l'industrie ; la synthèse de l'alizarine par MM. Graebe et Liebermann et les magnifiques et récents travaux de M. Baeyer sur l'indigo, montrent tout le parti que peut tirer l'industrie des recherches purement spéculatives.

Ainsi donc, il n'y a plus de nos jours de limite nettement marquée entre la chimie organique et inorganique ; les progrès modernes de la science ont fait disparaître toute barrière, en rendant possible la transformation des corps les uns dans les autres. C'est surtout au progrès de la synthèse en chimie organique, qu'est dû l'immense développement de cette partie de la science.

Les partisans de la théorie des types et ses adversaires, ne tardèrent pas à reconnaître que les atomes des différents corps n'étaient pas équivalents entre eux ; les recherches sur les substitutions montrèrent également qu'un atome d'un corps n'est pas toujours remplacé par un atome d'un autre ; en un mot, il semble que les atomes d'un même corps possédent le pouvoir d'attirer un ou plusieurs atomes de corps différents. Si la composition de l'acide chlorhydrique est H Cl, elle signifie évidemment qu'un atome de chlore ne peut retenir dans sa sphère d'action qu'un atome d'hydrogène ; un atome d'oxygène s'unit toutefois avec deux atomes d'hydrogène pour former l'eau H^2O ; l'atome d'oxygène a donc par rapport à l'hydrogène une valeur double de l'atome de chlore. C'est ce que l'on exprime en disant que l'oxygène est biatomique et le chlore monoatomique. Nous pouvons donc dès maintenant donner la définition de l'atomicité :

L'atomicité est la propriété que possède l'atome d'un corps de s'unir à un ou plusieurs atomes d'hydrogène ou d'un autre corps monoatomique. Comme on ne connaît pas de corps répondant à la formule HR^2 (R indiquant un corps simple quelconque) on prend, comme pour les poids atomiques, l'hydrogène pour unité ; l'hydrogène est monoatomique, c'est-à-dire son atome ne peut jamais s'unir à deux atomes d'un autre corps. On voit d'ici quelle est la signification des types dans la théorie de l'atomicité. Que signifient le type eau, le type ammoniaque, si ce n'est la biatomiticité de l'oxygène et la triatomicité de l'azote ; si l'hydrogène dans l'ammoniaque peut-être substitué par d'autres radicaux, c'est l'azote conservant toujours sa force d'attraction triple de l'hydrogène.

Les types condensés se traduisent également bien en formules atomiques. L'acide sulfurique, dans la théorie des types, dérive de deux molécules d'eau, rivées par le reste sulfuryle, qui remplace deux atomes d'hydrogène.

$$\left.\begin{matrix}H\\H\\H\\H\end{matrix}\right\}O \quad \text{ou} \quad \left.\begin{matrix}H^2\\H^2\end{matrix}\right\}O \qquad\qquad \left.\begin{matrix}H\\SO^2\\H\end{matrix}\right\}O^2$$

Type eau condensé deux fois — Acide sulfurique

La théorie de l'atomicité envisage le radical (SO^2) comme biatomique ; le reste de l'eau (OH) doit être monoatomique, puisque des deux atomicités ou valeurs de l'O une seule est saturée par 1 atome d'hydrogène ; donc le radical sulfuryle est susceptible de s'unir à deux restes d'eau, à deux oxhydryles (OH), pour former l'acide sulfurique, qui devient alors :

$$SO^2\left\{\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}\right.$$

La chlorhydrine sulfurique, qui dans la théorie des types est :

$$\left.\begin{matrix}H\\SO^2\\Cl\end{matrix}\right\}O$$

devient :

$$SO^2 < \begin{matrix}OH\\Cl\end{matrix}$$

Le radical biatomique sulfuryle retient en ce cas 1 atome de chlore monoatomique et un reste d'eau, un oxhydryle (OH), également monoatomique.

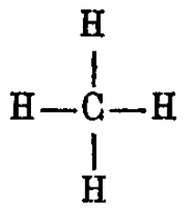
Nous avons montré comment le passage de la notation typique dans la notation de l'atomicité pouvait se faire très facilement ; il nous reste à montrer les avantages de la nouvelle notation sur l'ancienne.

Nous avons déjà dit que la théorie des types, excellente chaque fois qu'elle doit expliquer des doubles décompositions, nous fait défaut dès que les radicaux, au lieu de passer simplement d'un corps dans l'autre, subissent une profonde altération ; en chimie organique surtout, ce fait se présente fréquemment. La théorie de l'atomicité complète sur ce point celle des types, en dévoilant la nature même des radicaux.

C'est à M. Kékulé que revient surtout le mérite d'avoir donné la première impulsion aux théories atomiques en chimie organique.

En 1858, frappé du fait que dans les composés organiques les plus simples, 1 atome de carbone est toujours uni à une somme d'éléments équivalente à 4 atomes d'hydrogène, il énonça l'idée que le carbone est un élément tétratomique ; ainsi, en indiquant par des barres accolées au

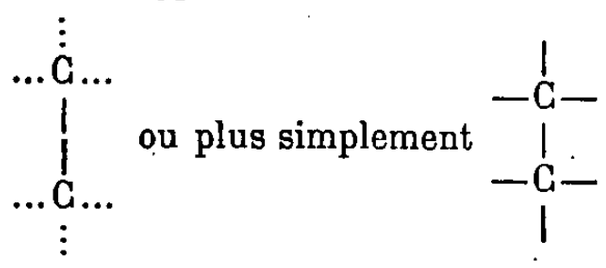
symbole de l'atome les atomicités ou centre d'attraction, on peut écrire la formule de l'hydrogène protocarboné ou gaz des marais, de la manière suivante :



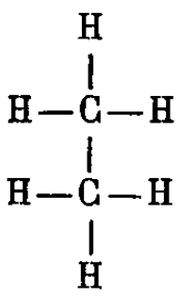
Cette formule montre graphiquement que les quatre centres d'attraction du carbone sont saturés par quatre atomes d'un élément monoatomique, l'hydrogène.

Il se présente de suite une difficulté ; on connaît encore un carbone d'hydrogène, l'hydrure d'éthyle, qui correspond à la formule $C^2 H^6$; si le carbone est tétratomique, 2 atomes de carbone doivent fixer 8 atomes d'hydrogène et non 6.

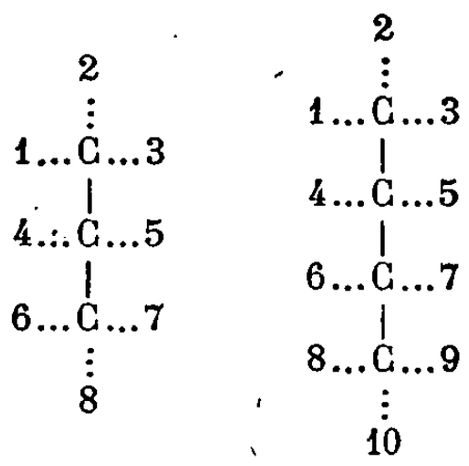
M. Kékulé a résolu cette difficulté d'une manière fort ingénieuse ; il admet que les deux atomes de carbone échangent chacun une atomicité et forment ainsi ce qu'on nomme une *chaîne d'atomes*, qui n'est plus qu'hexatomique. Le schéma suivant rend compte d'une manière fort claire de cette hypothèse.



L'hydrure d'éthyle devient alors :

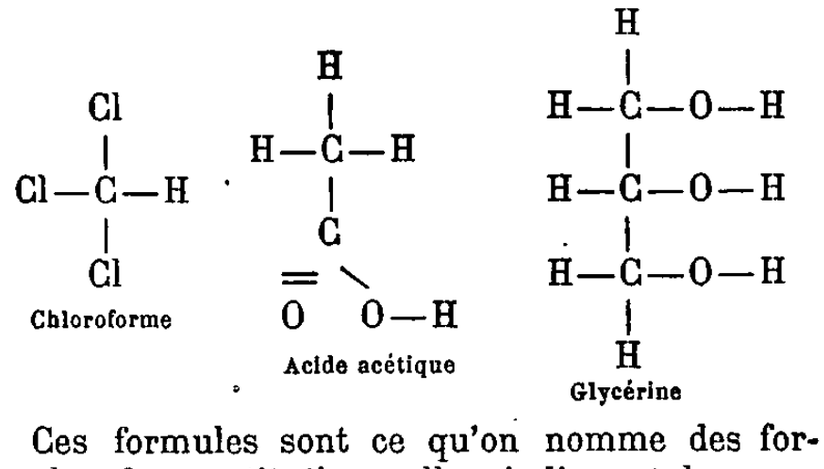


De même, une chaîne de 3 atomes de carbone n'est plus qu'octoatomique ; formée de 4 atomes, elle n'est que décatomique, ainsi que le montre les schémas suivants :



On voit donc que l'entrée d'un atome de carbone dans la molécule, n'augmente ses atomicités, c'est-à-dire ses centres d'attraction, que de deux unités, au lieu de quatre, car chaque carbone central échange deux atomicités avec ses voisins.

Cette chaîne d'atomes forme pour ainsi dire le squelette, le noyau de la molécule ; les autres éléments qui viennent se souder à ce noyau, en forment en quelque sorte les appendices. Nous donnons ci-dessous les formules de quelques-uns des corps les plus importants de la chimie organique :



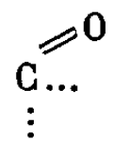
Ces formules sont ce qu'on nomme des formules de constitution ; elles indiquent les rapports des atomes entre eux.

Il importe ici de prémunir le lecteur contre une erreur ; ces formules ne sont qu'une manière commode et abrégée de représenter les réactions des corps ; elles ne représentent nullement d'une manière graphique la *forme de la molécule*, comme semblent croire beaucoup des adversaires des nouvelles doctrines. Sont-elles le dernier mot dans la science? nous croyons, au contraire, fermement qu'il n'en est rien ; telles qu'elles sont pourtant, elles marquent un progrès notable sur les anciennes formules typiques, et il y a tout avantage à s'en servir. Pour donner au lecteur une idée aussi complète des théories chimiques, que le comportent les limites que nous nous sommes tracées dans cet exposé, nous devons mentionner l'existence de corps qui semblent être en contradiction avec les lois de l'atomicité ; nous faisons allusion aux corps dits *non saturés*.

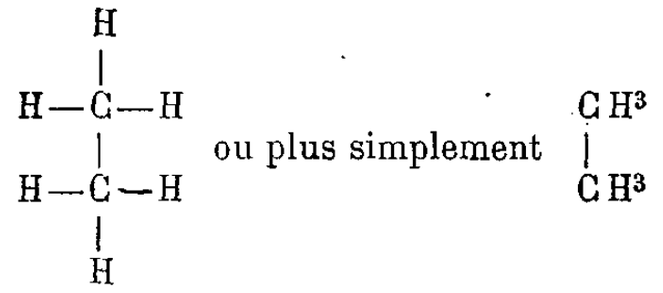
Qu'entend-on par saturation? Ainsi que l'expression l'indique, un corps est saturé, lorsque ses affinités sont satisfaites ; par exemple, lorsque 4 atomes d'hydrogène ou de chlore, s'unissent à 1 atome de carbone, le corps formé (gaz des marais et tétrachlorure de carbone $C H^4$ ou $C Cl^4$) est saturé ; le carbone, élément tétratomique, a fixé 4 atomes monoatomiques. L'atome d'oxygène, possédant deux volumes ou atomicités, il faudra 2 atomes d'oxygène pour saturer 1 atome de carbone ; l'acide carbonique produit est donc un corps saturé qui s'exprime par la formule :

$$O=C=O$$

Mais le carbone peut s'unir à 1 seul atome d'oxygène, pour former l'oxyde de carbone CO ; ce corps n'est pas saturé, car une des parties constituantes, l'atome de carbone, possède encore deux atomicités libres, que nous indiquerons par des lignes ponctuées :

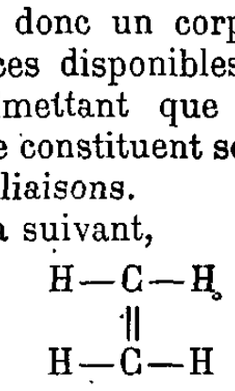


En général, les corps non saturés ne peuvent exister à l'état libre, sans doubler leurs molécules ; par exemple, toutes les fois qu'on a cherché à isoler le méthyle $C H^3$, radical monoatomique, on a obtenu le diméthyle $(C H^3)^2$ dont la formule de constitution est :

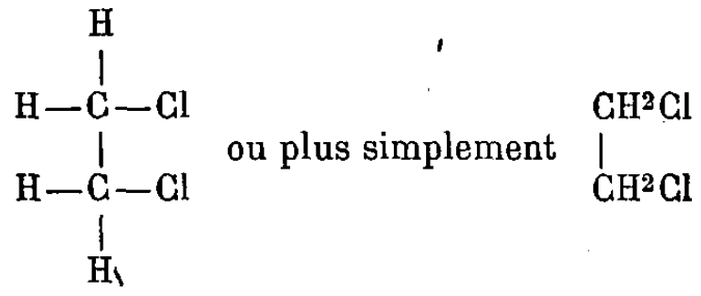


Quelquefois le corps non saturé ne double pas sa molécule; par exemple, ou connaît un corps, l'éthylène, dont la formule est C^2H^4; il contient donc 2 atomes d'H de moins que le diméthyle; c'est donc un corps non saturé, qui possède 2 valences disponibles; on explique son existence en admettant que les deux atomes de carbone qui le constituent sont unis entre eux par des doubles liaisons.

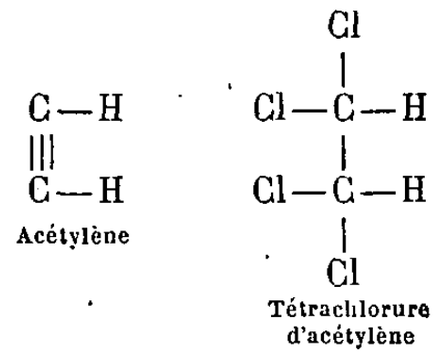
Dans le schéma suivant,



les deux atomes de carbone fonctionnent comme élément tétratomique et sont doublement rivés entre eux. Mais ici est la différence capitale entre le diméthyle C^2H^6 et l'éthylène C^2H^4; tandis que le chlore ne peut, dans le premier de ces corps, que produire des phénomènes de substitution à cause de l'état saturé de la molécule, il s'unit au second sans que l'hydrogène soit éliminé; dans ce cas, les doubles liaisons se scindent, deux atomicités deviennent libres; elles se trouvent saturées par les deux atomes de chlore; il se forme alors du bichlorure d'éthylène ou liqueur des Hollandais, dont la formule est représentée par le schéma suivant :



Deux atomes de carbone peuvent même s'unir par des triples liaisons; comme exemple, nous citerons l'acétylène C^2H^2, qui est susceptible de fixer 4 atomes de chlore :



Il est bien évident qu'on peut parvenir au même corps en partant du diméthyle C^2H^6 par substitution de l'hydrogène par le chlore; ici, en effet, la molécule étant saturée, si un corps étranger parvient à s'y introduire, ce ne peut être qu'en éliminant une partie des atomes qui constituent ce corps lui-même.

L'atomicité est-elle une propriété constante des éléments? La question a été beaucoup discutée dans ces dernières années. Nous l'exposerons en peu de mots. Le phosphore, par exemple, est susceptible de s'unir à 3 atomes de chlore; le corps produit, le trichlorure de phosphore, n'est pas un corps saturé; traitez-le par le chlore; aussitôt chaque molécule de trichlorure s'empare de deux atomes de chlore, et il se forme un corps solide, jaune, le pentachlorure de phosphore, dont la composition répond à la formule PCl^2. L'azote s'unit également à 3 atomes d'hydrogène; le corps formé, l'ammoniaque, se comporte comme un corps ayant des valences libres, puisqu'il se combine directement à 1 molécule d'acide chlorhydrique; ainsi dans le trichlorure de phosphore, le phosphore est triatomique; il est pentatomique dans le pentachlorure; l'azote, triatomique dans l'ammoniaque, devient pentatomique dans le chlorure d'ammonium; finalement, dans l'oxyde de carbone CO, le carbone joue le rôle d'un élément biatomique, tandis qu'il est tétratomique dans la plupart de ses combinaisons; ces quelques exemples nous montrent que l'atomicité ou capacité de saturation des atomes varie pour un même corps.

Sur quoi donc s'appuient les partisans de l'atomicité constante? Ces combinaisons où les éléments ont une atomicité plus forte que d'habitude, sont, disent-ils, des combinaisons moléculaires; dans la formation du chlorure d'ammonium, par exemple, ce n'est pas l'azote qui fixe les éléments de l'acide chlorhydrique, en devenant pentatomique, c'est la molécule d'ammoniaque toute formée, qui attire celle de l'acide chlorhydrique, de la même manière que l'eau de cristallisation est retenue par les sels. Ce corps que vous envisagez comme une molécule unique, est en réalité composé de deux molécules. Comment s'en assurer? En mesurant la grandeur de la molécule, en déterminant, en un mot, le poids moléculaire du corps. Or, il existe un moyen très simple pour arriver à la connaissance de ce poids. Pour ceci il faut rappeler la loi d'Avogadro : *Tous les gaz renferment à volume égal, le même nombre de molécules.*

Soit le poids de l'unité de volume de l'hydrogène pris comme unité; l'expérience montre, par exemple, que le poids d'un volume égal de chlore est 35; que le poids de l'unité de volume du trichlorure de phosphore réduit en vapeur est de 137,5, de la vapeur d'eau 18; en un mot, le poids moléculaire du chlore est 35, celui du trichlorure de phosphore 137,5, celui de l'eau 18.

En appliquant cette méthode aux composés mentionnés plus haut, où les éléments présentent une capacité de saturation plus grande que d'ordinaire, on arrive, en effet, à démontrer qu'à la température où ils se réduisent en vapeur, ils se décomposent souvent en leurs parties constituantes. Par exemple, le chlorure d'ammonium a une densité de vapeur moitié moindre que celle indiquée par la formule NH^4Cl; il y a eu dissociation, suivant l'expression de M. Sainte-Claire Deville (1) et la vapeur de chlorure d'ammonium

(1) C'est à ce savant distingué qu'est due l'introduction dans la science de la notion de la *dissociation*. Nous l'exposerons en peu de mots.

Lorsqu'un corps se décompose, le phénomène de décomposition est graduel; par exemple, en chauffant de la vapeur d'eau à 1000°, elle

est en réalité constituée par un mélange d'acide chlorhydrique et d'ammoniaque ce que l'on peut aisément démontrer en faisant diffuser le mélange gazeux. — V. DIFFUSION.

Pourtant, dans nombre de cas, il n'y a pas décomposition de la vapeur qui présente alors une densité normale ; c'est le cas pour l'oxychlorure de phosphore $PO\,Cl^3$ où le phosphore est pentatomique et pour le pentafluorure PF^5 qui est gazeux. L'oxyde de carbone a indubitablement le poids moléculaire correspondant à la formule CO ; car il est gazeux ; le carbone y est biatomique ; le gaz deutoxyde d'azote répond à la formule AzO ; l'azote y est donc biatomique. Ces quelques exemples prouvent surabondamment qu'on ne saurait s'appuyer sur une atomicité fixe des éléments ; il y a là évidemment une certaine régularité, mais les exceptions sont nombreuses.

Quoiqu'il en soit, en chimie organique surtout, les nouvelles formules rendent d'incontestables services ; elles permettent d'expliquer les isoméries qu'on rencontre à chaque pas dans le domaine de cette partie de la chimie, ce que ne pouvaient faire les formules dualistiques, et même dans beaucoup de cas, les formules typiques ; elles reflètent fidèlement les caractères des corps, en permettant de prévoir leurs réactions à l'avance, tout en laissant le champ libre à l'investigation de l'arrangement moléculaire lui-même, car, nous le répétons encore une fois, elles n'indiquent nullement les positions des atomes dans la molécule, ainsi que semblent le croire beancoup de partisans des anciennes doctrines, et d'adeptes trop fervents des nouvelles.

Nous avons vu comment on pouvait déterminer les poids moléculaires des corps au moyen de leur densité de vapeur ; comme ces densités sont généralement prises par rapport à l'air, qui pèse 14,44 fois plus que l'hydrogène, il suffira de multiplier la densité trouvée par 14,44, pour en obtenir le poids moléculaire par rapport à la molécule d'hydrogène ; si c'est le poids de l'atome de ce dernier qu'on prend comme unité, il faut doubler les chiffres obtenus, la molécule d'hydrogène étant composée de deux atomes, d'où la règle pratique :

On obtient le poids moléculaire d'un corps volatil sans décomposition, en multipliant la densité de vapeur par rapport à l'air par 28,88.

Indiquons pour terminer les méthodes qui servent à déterminer le poids atomique des corps. Il y en a deux. La première se fonde sur ce que l'atome est la plus petite quantité d'un corps qui puisse entrer en réaction ; on prend plusieurs composés de l'élément dont il s'agit de déterminer le poids atomique, et on cherche leur poids moléculaire, d'après la méthode indiquée plus haut ; on détermine ensuite par l'analyse, la quantité de l'élément qui est contenue dans le poids de la molécule de ses composés ; le plus petit commun multiple des chiffres trouvés représente le poids atomique du corps.

La seconde méthode se fonde sur la loi de Dulong et Petit qui s'exprime ainsi : *les chaleurs spécifiques des corps sont inversement proportionnelles aux poids atomiques*, c'est-à-dire le produit du poids atomique d'un corps par sa chaleur spécifique, est égal à une constante C, dont la valeur a été déterminée expérimentalement : C=6 en moyenne. Le poids atomique est donc égal à 6 divisé par la chaleur spécifique. Hâtons-nous de dire que ce procédé ne donne que des résultats approximatifs qu'il est nécessaire de fixer par l'analyse. Soit par exemple à déterminer le poids atomique de l'argent ; en divisant sa chaleur spécifique 0,057 par 6, on trouve 105,3 ; d'un autre côté, en analysant le chlorure d'argent on trouve que pour 35,5 de chlore (poids atomique de cet élément) on a 108 d'argent. Si les deux éléments sont unis atome à atome, le poids atomique de l'argent sera 108. Mais on peut admettre qu'un atome de chlore soit uni dans le chlorure d'argent à 2, 3, etc., atomes d'argent ; on peut également admettre que le chlorure d'argent contienne un seul atome d'argent pour 2, 3, 4, etc., atomes de chlore. Dans la première hypothèse, le poids atomique de l'argent sera 54, 46, 27, etc., dans la seconde, 216, 324, 432, etc. Or, le seul nombre qui s'approche de la valeur trouvée à l'aide de la loi de Dulong et Petit (105,3) est 108, qui devra donc être considéré comme le vrai poids atomique de l'argent.

Pour établir les formules d'un corps composé, on recherche d'abord par l'analyse qualitative et quantitative quels sont ses composants et on en détermine ensuite la composition centésimale. On détermine ensuite son poids moléculaire. A l'aide d'un calcul fort simple, on détermine les quantités pondérales des éléments dans la molécule, enfin on divise les quantités trouvées par les poids atomiques des composants ; le quotient montre combien il y a d'atomes de chacun d'eux. Il suffit en dernier lieu d'écrire à côté les uns des autres les symboles des atomes, munis d'un indice ou d'un exposant qui indique le nombre.

Le lecteur trouvera à l'article ATOMIQUES (poids) une table des poids atomiques des éléments. On remarquera que plusieurs poids atomiques sont des multiples exacts de celui de l'hydrogène ; ce fait conduisit Proust à admettre l'hypothèse de l'unité de la matière. D'après lui, la matière primordiale est une ; les différents corps ne représentent que les divers degrés de condensation de cette matière. A l'époque où Proust émit son hypothèse, la plupart des poids atomiques des corps n'étaient que très imparfaitement connus ; plus tard, avec les progrès des méthodes analytiques il devint possible de soumettre à une épreuve plus sûre l'hypothèse de Proust ; parmi les savants qui se sont oc-

éprouve un commencement de décomposition ; cette décomposition est limitée ; elle cesse dès que la température du mélange gazeux d'oxygène et d'hydrogène mis en liberté, a atteint un certain degré, correspondant à une pression de t millimètres ; chauffons la vapeur à 1500°, aussitôt de nouvelles quantités d'oxygène et d'hydrogène deviennent libres ; la décomposition s'arrête, lorsque la tension de mélange gazeux atteint t' millimètres ; c'est à ce mode de décomposition, que M. Henri Sainte-Claire Deville a donné le nom de *dissociation*. La tension t des gaz mis en liberté à la température T, prend le nom de tension de dissociation pour cette température.

Les belles expériences de M. Deville ont expliqué bien des points obscurs jusqu'à ses recherches ; citons, par exemple, la décomposition de l'eau par le platine incandescent, attribuée par Berzélius à la force catalytique, et l'interprétation des réactions inverses, attribuées par Berthollet à une action de masse.

cupés de la question, il est juste de citer en première ligne M. Stas ; la conclusion de ses recherches, exécutées avec une exactitude qui approche de la précision absolue, est la suivante : *il n'existe aucun commun diviseur entre les poids des corps simples qui s'unissent pour former des combinaisons définies.*

Les chiffres donnés par M. Stas renversent donc définitivement l'hypothèse de Proust. On a cherché à concilier ces deux idées, en admettant l'existence de sous-atomes, ou ultimates, dont la réunion constituerait les atomes ; il est clair qu'alors tout peut s'arranger. Si, par exemple, le poids atomique du chlore est d'après M. Stas 35,368, on peut admettre que l'atome de chlore soit composé de 35,368 ultimates de matière primordiale, tandis que celui de l'hydrogène n'en renferme que 1,000. Cette hypothèse nous semble sortir des limites tracées aux théories scientifiques ; elle admet des sous-atomes, dont rien ne manifeste l'existence, et si de telles hypothèses parvenaient à s'introduire dans la science, nous arriverions bientôt de théories en théories à raisonner dans le vide, comme les métaphysiciens du moyen âge, et ce serait vraiment le cas de dire, suivant l'heureuse expression de M. Henri Sainte-Claire Deville :

Si les théories étaient érigées en religion, il faudrait se faire athée.

Nous avons décrit au cours de cet article les phases par lesquelles ont passé les théories chimiques modernes ; quoique la nouvelle notation ait été adoptée par la majeure partie des chimistes étrangers, elle n'est généralement pas professée en France ; sauf une faible partie des savants à la tête desquels vient se placer M. A. Wurtz, la plupart continuent à se servir de l'ancienne notation en équivalents ; nous avons cru pour cela devoir entrer dans de certains détails sur la théorie de l'atomicité et de contribuer ainsi autant que possible à répandre les nouvelles doctrines ; toutefois, beaucoup de nos lecteurs ayant sans doute reçu leur éducation chimique d'après la notation en équivalents, nous croyons leur rendre service en exposant les principales différences qui subsistent entre les deux écoles ; nous résumons plus loin les formules générales des principales classes des combinaisons des corps simples ; c'est en quelque sorte une clef qui permet de passer d'une notation dans l'autre au moyen de certaines règles générales.....

Ce qui prévaut surtout dans la notation en équivalents, c'est le système dualistique ; un sel est formé par l'union d'un acide et d'une base ; le sulfate de potasse se formule par exemple $SO^3.KO$; dans la nouvelle notation les deux groupes disparaissent ; le sulfate de potasse n'est plus envisagé comme résultant de l'union de l'acide sulfurique anhydre SO^3 avec la potasse KO ; c'est de l'acide sulfurique $H^2S\,O^4$, dont l'hydrogène est remplacé par du potassium $K^2S\,O^4$.

Non seulement les sels, mais les oxydes basiques et les acides sont envisagés comme des corps à constitution binaire ; l'acide sulfurique est $SO^3.HO$; il est envisagé comme un hydrate de l'anhydride SO^3, qui est, pour les équivalentistes, le véritable acide sulfurique ; il en est de même pour la potasse qui est $KO.HO$. Si le poids atomique se confondait avec l'équivalent, les formules empiriques atomiques et en équivalents seraient identiques ; il n'est pas ainsi ; quelques corps ont un poids atomique double de leur équivalent, d'où il

Nom des corps	Symbole	Atomicité	Poids atomique	Equivalent
Aluminium	Al	III, VI	27.5	13.75
Antimoine	Sb	III, V	122.0	122.0
Argent	Ag	I	108.0	108.0
Arsenic	As	III, V	75.0	75.0
Azote	Az	III, V	14.0	14.0
Baryum	Ba	II	137.2	68.6
Bismuth	Bi	III, V	210.0	210.0
Bore	Bo	III	11.0	11.0
Brôme	Br	I, III, V, VII	80.0	80.0
Cadmium	Cd	II	112.0	56.0
Calcium	Ca	II	40.0	20.0
Carbone	C	IV, II	12.0	6.0
Cérium	Ce	II, VI	92.0	92.0
Césium	Cs	I	132.6	132.6
Chlore	Cl	I, III, V, VII	35.5	35.5
Chrome	Cr	IV, VI	52.4	26.2
Cobalt	Co	II, IV	59.0	29.5
Cuivre	Cu	II	63.5	31.75
Didyme	Di	IV	96.0	48.0
Etain	Sn	IV	118.0	59.0
Fer	Fe	II, IV, VI	56.0	28.0
Fluor	Fl	I	19.0	19.0
Gallium	Ga	IV	68.0	—
Glucinium	Gl	II ou III	14.0	7.0
Hydrogène	H	I	1.0	1.0
Indium	In	III	113.4	56.7
Iode	I	I, III, V, VII	127.0	127.0
Iridium	Ir	IV, VI, II	197.2	98.6
Lanthane	La	IV	92.0	46.0
Lithium	Li	I	7.0	7.0
Magnésium	Mg	II	24.0	12.0
Manganèse	Mn	II, IV, VI, VII	55.2	27.6
Mercure	Hg	II	200.0	100.0
Molybdène	Mo	VI	96.0	48.0
Nickel	Ni	II, IV	59.0	29.5
Or	Au	III, I	197.0	197.0
Osmium	Os	II, IV, VI, VIII	200.0	100.0
Oxygène	O	II	16.0	8.0
Palladium	Pd	II, IV, VI	106.0	53.0
Phosphore	P	III, V	31.0	31.0
Platine	Pt	IV, II, VI	198.0	99.0
Plomb	Pb	II, IV	206.92	103.46
Potassium	K	I	39.0	39.0
Rhodium	Rh	II, VI, IV	104.0	52.0
Rubidium	Rb	I	85.4	85.4
Ruthénium	Ru	IV, II, VI, VIII	104.0	52.0
Sélénium	Se	II, VI, IV	79.0	39.5
Silicium	Si	IV	28.0	14.0
Sodium	Na	I	23.0	23.0
Soufre	S	II, VI, IV	32.0	16.0
Strontium	Sr	II	87.5	43.75
Tantale	Ta	V	137.6	68.8
Tellure	Te	II, VI, IV	128.0	64.0
Thallium	Th	I, III	204.0	204.0
Titane	Ti	IV	50.0	25.0
Tungstène	W	IV	184.0	92.0
Uranium	Ur	VI, IV	240.0	120.0
Vanadium	Vd	V, III	51.3	—
Zinc	Zn	II	65.0	32.5
Zirconium	Zr	IV	89.6	44.8

s'ensuit que la formule atomique diffère de la notation en équivalents : pour mieux préciser, prenons comme exemple l'acide sulfurique monohydraté ; sa formule atomique est $H^2\overline{S}\,\overline{O}^4$; en équivalents elle devient HSO^4 (SO^3. HO), parce que les poids atomiques du soufre et de l'oxygène sont doubles de leurs équivalents ; les rapports pondéraux qui expriment la composition d'un corps devant rester inaltérés, si on attribue dans le premier cas aux symboles S et O une valeur numérique double de celle attribuée dans le second, il faut au lieu de H mettre H^2, car l'équivalent et le poids atomique de l'hydrogène sont identiques.

Le tableau de la page 275 renferme le poids atomique des éléments en regard de leur équivalent.

Ce tableau permet déjà de transformer les formules empiriques atomiques en notations en équivalents. Nous avons cité plus haut l'exemple de l'acide sulfurique. Il est cependant plus difficile, à la simple inspection d'une formule, de voir si c'est à la notation en équivalents ou à celle en atomes qu'on a affaire ; en chimie organique surtout, pour des corps un peu compliqués, la formule empirique n'indique rien. Il serait préférable, pour éviter toute confusion, de barrer les symboles des corps lorsqu'on se sert de la notation atomique : par exemple d'écrire

$H^2\overline{O}$ (nouvelle notation)

et simplement

HO (notation en équivalents).

CLASSIFICATION DES CORPS SIMPLES.

On n'est pas encore arrivé à grouper d'une manière absolue les corps simples connus. Comme d'habitude, il est impossible de faire des classes nettement tranchées ; tel corps que quelques auteurs rangent dans une famille, est rangé dans une autre par d'autres savants non moins compétents ; toutefois, pour les corps les plus importants, cette division en familles naturelles, fondée sur les analogies, en dehors de toute hypothèse atomique, est assez bien établie ; elle est certainement préférable à l'ancienne classification des métaux basée sur l'action de l'eau sur ces corps.

L'ancienne division des corps simples en métalloïdes et en métaux subsiste encore.

La plupart des auteurs rangent dans les métalloïdes les 15 corps suivants :

Première famille : hydrogène, chlore, brôme, iode, fluor ;

Deuxième famille : oxygène, soufre, sélénium, tellure ;

Troisième famille : azote, phosphore, arsenic, bore ;

Quatrième famille : silicium, carbone.

La première famille est constituée par l'hydrogène, l'élément type et les corps dits *halogènes*.

L'ydrogène devrait être rangé parmi les métaux dont il possède toutes les propriétés ; les belles recherches de MM. R. Pictet et Cailletet qui sont parvenus à liquéfier ce gaz, réputé autrefois permanent, ont montré que l'hydrogène possède même les propriétés physiques des métaux.

Les 4 autres corps de cette famille sont monoatomiques dans la plupart de leurs combinaisons ; ils se combinent atome à atome aux métaux alcalins et à l'hydrogène. Le fluor ne se combine pas à l'oxygène ; situés au sommet de l'échelle électro-négative, ces deux corps n'ont point d'affinité l'un pour l'autre ; quant aux combinaisons du chlore, brôme et iode avec l'oxygène, elles sont nombreuses ; les halogènes y jouent tantôt le rôle de corps monoatomiques, tantôt ils sont tri, penta et même heptatomiques.

Les corps de la seconde famille sont surtout biatomiques ; quelquefois leur atomicité est supérieure à 2 et va jusqu'à 6 ; cette propriété s'accentue en allant de l'oxygène au tellure.

Leurs combinaisons avec l'hydrogène répondent à la formule $R''H^2$ ou RH (ancienne notation). Par exemple :

H^2O	H O (anc. not.)	Eau.
H^2S	H S (anc. not.)	Hydrogène sulfuré.

le soufre et le sélénium forment avec l'oxygène des acides énergiques ; les propriétés électronégatives de ces corps vont en diminuant de l'oxygène au tellure ; en revanche leur nature métallique s'accentue de plus en plus.

La troisième famille comprend les métalloïdes triatomiques ; leurs combinaisons avec l'hydrogène répondent à la formule RH^3 dans les deux notations. Exemple : AzH^3 ammoniaque ; le bore ne se combine pas à l'hydrogène ; le phosphore et l'arsenic forment, outre le composé normal, d'autres corps mal définis. Leurs combinaisons avec l'oxygène sont des acides énergiques ; les propriétés électro-négatives sont de plus en plus accentuées en partant du bore et en allant vers l'azote.

Finalement, la quatrième famille des métalloïdes est constituée par deux corps très répandus sur la surface du globe ; le *carbone* et le *silicium* sont tétratomiques ; ils présentent la propriété de pouvoir donner naissance à une infinité de corps très compliqués ; cette propriété se manifeste à un degré très élevé chez le carbone, dont les innombrables composés constituent le domaine de la chimie dite *organique*.

MÉTAUX. Le cadre de cet article ne nous permet pas de nous étendre longuement sur les propriétés générales des métaux, qui sont décrites pour chaque métal en particulier. Nous mettons ici en regard les deux classifications des métaux, l'ancienne, basée sur l'action décomposante qu'ils exercent sur l'eau et sur les propriétés de leurs oxydes, à côté de la classification moderne, ou plutôt d'une des classifications modernes, basée sur les analogies chimiques ; on a également classé les métaux d'après leur atomicité ; selon nous, cette dernière classification n'est pas à adopter ; elle rapproche des corps, dont les propriétés chimiques diffèrent totalement ; l'argent, par exemple, y coudoie le potassium avec lequel il n'offre pourtant aucune analogie. Nous renvoyons pour plus de détails pour les anciennes théories, à l'excellent traité de Regnault, et pour les nouvelles aux ouvrages modernes, tels que le ***Diction-***

naire de chimie de M. WURTZ, le *traité de chimie* de M. NAQUET, etc.

Ancienne classification de Thénard. (Nous ne citons que les métaux usuels les plus importants.)

Première section. Métaux qui ont la propriété d'absorber l'oxygène à toutes les températures, même aux plus élevées et de décomposer l'eau même aux températures les plus basses, en produisant un dégagement abondant de gaz hydrogène. Ce sont : le potassium, le sodium, le lithium, le baryum, le strontium et le calcium.

Les trois premiers métaux sont appelés *métaux alcalins*, les trois derniers *métaux alcalino-terreux*.

Deuxième section. Métaux qui absorbent l'oxygène à la température la plus élevée et dont les oxydes sont indécomposables par la chaleur seule ; ces métaux ne décomposent plus sensiblement l'eau aux températures très basses, mais facilement au dessus de 50°. Ce sont : le magnésium, l'aluminium et le manganèse.

Troisième section. Métaux absorbant l'oxygène à la chaleur rouge, dont les oxydes sont indécomposables par la chaleur seule, et qui ne décomposent l'eau qu'à des températures supérieures à 100°, mais inférieures à la chaleur rouge. Ces métaux décomposent l'eau à froid en présence des acides énergiques. Ce sont : le fer, le nickel, le cobalt, le chrôme, le vanadium, le zinc, le cadmium et l'uranium.

La température à laquelle ces métaux se combinent avec l'oxygène gazeux et celle à laquelle ils décomposent l'eau, dépendent beaucoup de leur état de division. Le fer agrégé, même à l'état de limaille, ne se combine avec l'oxygène sec que si on le chauffe au rouge sombre ; tandis que le même métal très divisé que l'on obtient en réduisant les oxydes de fer par le gaz hydrogène à la plus basse température possible, prend feu quand on le projette dans l'air et s'oxyde, par conséquent, à la température ordinaire. Le fer agrégé ne décompose la vapeur d'eau qu'à la chaleur rouge ; tandis que le fer pulvérulent se décompose à une température de 200 degrés environ.

Quatrième section. Métaux absorbant l'oxygène à la chaleur rouge et dont les oxydes sont indécomposables par la chaleur seule. Ces métaux décomposent la vapeur d'eau avec facilité à la chaleur rouge, mais ils ne décomposent plus l'eau en présence des acides énergiques. Cette dernière circonstance tient à ce que ces métaux ne forment avec l'oxygène que des bases faibles. Ils forment au contraire avec ce corps des acides qui se comportent comme des acides puissants par rapport aux bases énergiques ; aussi la plupart de ces métaux décomposent-ils l'eau en présence de la potasse avec dégagement de gaz hydrogène. Cette quatrième section comprend : le tungstène, l'osmium, l'étain et l'antimoine.

Cinquième section. Métaux absorbant l'oxygène au rouge. Tous les oxydes ne sont pas décomposés par la chaleur seule ; ils ne décomposent l'eau qu'à une température très élevée et toujours très faiblement. Ces métaux ne décomposent l'eau ni en présence des acides forts ni en présence des bases puissantes. Ce sont : le cuivre, le plomb et le bismuth.

Sixième et dernière section. Métaux dont les oxydes se réduisent par la chaleur seule à une température plus ou moins élevée et qui dans aucune circonstance ne décomposent l'eau pour s'emparer de son oxygène. Ce sont :

Le mercure, l'argent, l'or, le platine, le palladium, le rhodium, l'iridium et le ruthénium.

Telle est la classification adoptée par les anciens chimistes, que nous avons empruntée au traité de Regnault. Donnons maintenant une classification plus adaptée aux idées actuelles, basée sur les analogies.

Première famille. Potassium, sodium, lithium. Ces métaux sont monotomiques. Leurs combinaisons avec les halogènes répondent à la formule générale MR dans les deux notations, M indique ce métal : R le métalloïde halogène. Leurs combinaisons oxygénées sont M^2O (not. atom.) et MO dans la notation en équivalents. Les métaux de cette famille sont doués d'affinités énergiques, ils sont au sommet de l'échelle électro-positive des éléments.

Deuxième famille. Calcium, strontium, baryum. Ces métaux sont biatomiques. Leurs combinaisons halogénées sont représentées dans la notation atomique par la formule MR^2 et dans la notation en équivalents par MR. Leurs combinaisons oxygénées sont MO dans les deux notations.

Troisième famille. Magnésium, zinc, cadmium. Corps biatomiques. Combinaisons avec les halogènes MR^2 (nouv. not.) et MR (anc. not.). Les oxydes se formulent MO dans les deux notations. Ils ne forment qu'une série de sels.

Quatrième famille. Plomb, thallium. Ces corps sont des métaux lourds, mous, dont les oxydes basiques ont une réaction alcaline. Le thallium se rapproche à certains points de vue des métaux alcalins ; le plomb, des métaux de la seconde famille ; ils diffèrent de ces deux groupes par les propriétés de leurs sulfures, qui sont mous et insolubles dans l'eau et le peu de solubilité de leurs chlorures dans l'eau.

Cinquième famille. Cuivre, argent, mercure. Ces corps forment plusieurs oxydes ; l'argent, élément monatomique se rapproche des métaux alcalins, tandis que les deux autres sont biatomiques. Voici les formules de leurs oxydes et des chlorures dans les deux notations :

Nouv. not.	Anc. not.	
Ag^2O*	Ag O	oxyde d'argent.
Cu^2O	Cu^2O	oxyde cuivreux.
Cu O	Cu O	oxyde cuivrique.
Hg^2O	Hg^2O	oxydule de mercure (oxyde mercureux).
Hg O	Hg O	protoxyde de mercure (oxyde mercurique).
Ag Cl	Ag Cl	chlorure d'argent.
Cu^2Cl^2	Cu^2Cl	chlorure cuivreux.
$CuCl^2$	Cu Cl	chlorure cuivrique.
Hg^2Cl^2	Hg^2Cl	calomel.
$HgCl^2$	Hg Cl	sublimé corrosif.

(*) L'argent parait former encore deux oxydes, assez mal définis, Ag^4O et Ag^2O^2 (nouv. not.)

Sixième famille. Aluminium, indium, gallium. Ces métaux forment des sesquioxydes basiques, qui s'unissent également aux bases énergiques en jouant le rôle d'acides faibles. Leurs combinaisons oxygénées sont représentées par la formule M^2O^3 dans les deux notations et les combinaisons avec les halogènes par la formule M^2R^3 (anc. not.) M^2R^6 (nouv. not.).

Septième famille. Manganèse, fer, cobalt, nickel. Ces corps forment plusieurs séries de composés ; le manganèse se distingue, à ce point de vue, nettement du fer par ses combinaisons oxygénées ; le fer occupe d'autre part une position très distincte dans la famille, tandis que le cobalt et le nickel présentent une grande analogie de propriétés ; comme on le voit, cette famille n'est pas très bien caractérisée d'une manière générale ; nous donnons ci-dessous un petit tableau des combinaisons binaires, les plus importantes, des éléments de cette famille.

Nom des corps	Formule atomique	Formule en équivalents
Protoxyde de manganèse.	$Mn\,O$	$Mn\,O$
Sesquioxyde de —	$Mn^2\,O^3$	$Mn^2\,O^2$
Bioxyde de manganèse. . .	$Mn\,O^2$	$Mn\,O^2$
Heptoxyde de manganèse.	$Mn^2\,O^7$	$Mn^2\,O^7$
Chlorure de manganèse. .	$Mn\,Cl^2$	$Mn\,Cl$
Protoxyde de fer.	$Fe\,O$	$Fe\,O$
Sesquioxyde de fer.	$Fe^2\,O^3$	$Fe^2\,O^2$
Protochlorure de fer. . . .	$Fe\,Cl^2$	$Fe\,Cl$
Sesquichlorure ou perchlorure de fer.	$Fe^2\,Cl^6$	$Fe^2\,Cl^3$
Protoxyde de cobalt.	$Co\,O$	$Co\,O$
Sesquioxyde de cobalt. . .	$Co^2\,O^3$	$Co^2\,O^3$
Chlorure de cobalt (nickel mêmes formules).	$Co\,Cl^2$	$Co\,Cl$

Le protoxyde de manganèse est la combinaison qui donne les sels les plus caractérisés. Le protoxyde et le sesquioxyde de fer donnent deux séries bien caractérisées de composés tandis que le cobalt et le nickel forment surtout des sels de protoxyde qui seuls sont stables.

On pourrait ranger aussi le chrôme dans cette famille ; ce corps forme un oxyde Cr^2O^3 analogue à Fe^2O^3, d'autre part il donne encore un oxyde CrO^3 qui jouit de propriétés acides énergiques.

Huitième famille. Elle est formée par l'étain et d'autres métaux rares. Plusieurs auteurs rangent les corps de cette famille parmi les métalloïdes, dans la famille du silicium; ils forment en effet des oxydes acides, et leurs chlorures sont facilement volatils. Leurs combinaisons oxygénées ne présentent que de faibles propriétés basiques.

Anc. not.		Nouv. not.
$Sn\,O^2$	Acide stannique	$Sn\,O^2$
$Sn\,O$	Oxyde stanneux.	$Sn\,O$
$Sn\,Cl$	Protochlorure d'étain.	$Sn\,Cl^2$
$Sn\,Cl^2$	Bichlorure ou tétrachlorure d'étain.	$Sn\,Cl^4$

Neuvième famille. Antimoine et bismuth. Ces éléments sont très voisins des métalloïdes de la famille de l'azote. Ils forment des protoxydes acides. De plus l'antimoine se combine à l'hydrogène, ce que ne font pas les métaux.

Dixième famille. Elle comprend l'or, le platine et les métaux de la mine de platine. Les oxydes inférieurs de ces métaux sont des bases faibles ; les composés plus riches en oxygène sont des acides. Nous donnons ci-dessous les formules de quelques-uns de leurs composés :

	Anc. not.	Nouv. not.
Oxydule d'or.	$Au^2\,O$	$Au^2\,O$
Sesquioxyde d'or	$Au^2\,O^3$	$Au^3\,O^3$
Protochlorure d'or	$Au^2\,Cl$	$Au\,Cl$
Sesquichlorure d'or.	$Au^2\,Cl^3$	$Au\,Cl^3$
Protoxyde de platine. . . .	$Pt\,O$	$Pt\,O$
Bioxyde de platine	$Pt\,O^2$	$Pt\,O^2$
Protochlorure de platine. . .	$Pt\,Cl$	$Pt\,Cl^2$
Bichlorure de platine.	$Pt\,Cl^2$	$Pt\,Cl^4$

Le lecteur a pu remarquer que nous avons insisté surtout sur les formules des oxydes et des chlorures ; ce sont en effet les combinaisons types formées par les métaux ; les bromures, iodures fluorures ont les mêmes formules que les chlorures, exemples :

	Nouv. not.	Anc. not.
Chlorure ferreux	$Fe\,Cl^2$	$Fe\,Cl$
Chlorure ferrique.	$Fe^2\,Cl^6$	$Fe^2\,Cl^3$
Brômure ferreux.	$Fe\,Br^2$	$Fe\,Br$
Iodure ferrique	$Fe^2\,I^6$	$Fe^2\,I^6$

Les sulfures sont analogues aux oxydes :

	Nouv. not.	Anc. not.
Sulfure d'étain.	$Sn\,S^2$	$Sn\,S^2$
Oxyde d'étain (acide stannique).	$Sn\,O^2$	$Sn\,O^2$

Quant aux sels, qui sont les combinaisons les plus nombreuses, leurs formules se déduisent de celles des oxydes. En notation par équivalents, ils sont formés par l'union de l'oxyde et de l'acide anhydre :

Exemple :

$Hg\,O.\,SO^3$ Sulfate mercurique.
$Hg^2\,O.\,SO^3$ Sulfate mercureux.

En notation atomique ces sels deviennent :

$Hg\,SO^4$ Sulfate mercurique.
$Hg^2\,SO^4$ Sulfate mercureux.

Ils proviennent de la substitution de l'oxygène, de l'oxyde par le radical acide (l'acide hydraté des équivalentistes moins l'hydrogène).

$$\underset{\text{Acide sulfurique}}{HS^2O^2} - H^2 = \underset{\text{Radical de l'acide sulfurique}}{SO^4}$$

Les deux nitrates de mercure ont en équivalents les formules :

$Hg\,O.\,Az\,O^5$ Azotate d'oxyde de mercure ou mercurique.
$Hg^2\,O.\,Az\,O^5$ Azotate d'oxydule de mercure ou mercureux.

L'acide azotique étant en atomes $HAzO^3$, son radical est AzO^3 qui est monatomique; il faut donc deux restes AzO^3 pour remplacer l'oxygène diatomique de l'un ou l'autre oxyde de mercure. On arrive ainsi aux formules suivantes :

$Hg\,(Az\,O^3)^2$ Azotate mercurique.
$Hg^2\,(Az\,O^3)^2$ Azotate mercureux.

En résumé, toutes les fois que dans une formule on verra l'oxygène partagé entre l'acide et la base, qu'on se trouvera, en un mot, en présence d'une formule dualistique, on saura que c'est à la notation en équivalents qu'on a affaire ; les formules atomiques n'admettant pas cette séparation.

Nous venons d'indiquer sommairement la classification des corps du domaine de la chimie minérale ; les difficultés sont bien plus grandes, lorsqu'on essaie d'établir une classification des substances organiques.

On divisait autrefois les corps organiques en acides, bases et corps neutres ; cette dernière catégorie comprenait un très grand nombre de corps qui étaient difficiles à classer. Plus tard, Gerhardt rangeait les corps organiques suivant leur poids moléculaire, c'est ce qu'il appelait l'échelle de combustion ; cette classification a amené le grand chimiste français à des rapprochements malheureux en mettant l'un à côté de l'autre des corps très dissemblables par leurs propriétés et leurs réactions.

La véritable classification des corps organiques est encore à faire ; nous indiquerons en peu de mots la classification actuelle, en ne parlant que de la notation atomique, car, en équivalents, la plupart des isoméries si nombreuses dans cette partie de la science, ne trouvent aucune explication. Le passage des formules empiriques atomistiques en formules en équivalents est d'ailleurs très facile :

C	en atomes	devient. .	C^2	en équivalents.
H	—	reste . . .	H	—
O	—	devient. .	O^2	—
Az	—	reste . . .	Az	—

Cl, Br, S, P ont un poids atomique qui se confond avec l'équivalent.

Exemples :

	En atom.	En équiv.
Acide carbonique.	CO^2	C^2O^4 simplifie CO^2
Alcool méthylique	CH^4O	$C^2H^4O^2$ ou $C^1H^3O.HO$
Acide acétique . .	$C^2H^4O^2$	$C^4H^4O^4$ ou $C^4H^3O^3.HO$
Gaz des marais. :	CH^4	C^2H^4
Chloroforme. . . .	$CHCl^3$	C^2HCl^3
Benzine	C^6H^6	$C^{12}H^6$
Anthracène.	$C^{14}H^{10}$	$C^{28}H^{10}$ ou $C^{14}H^5$

On s'accorde maintenant à diviser les corps organiques, dont le nombre déjà immense s'accroit journellement, en deux grandes séries ; la série grasse et la série aromatique. Les corps de la première dérivent du méthane ou gaz des marais CH^4, par substitution à l'hydrogène des atomes d'autres corps ou de restes de corps organiques. Par exemple, l'acide acétique peut être envisagé comme du méthane dont un atome d'hydrogène est remplacé par le groupe carboxyle CO^2H ; le chloroforme renferme 3 atomes de chlore qui se substituent à 3 atomes d' H du gaz des marais, etc...

Le corps fondamental de la série aromatique est la benzine C^6H^6 ou $C^{12}H^6$ (anc. not.) tous les autres en dérivent par substitution ; ainsi donc, un corps aromatique renferme au minimum 6 atomes de carbone ; les corps dits *aromatiques* se distinguent nettement des corps de la série du méthane par certaines propriétés générales qui ont été exposées à l'article AROMATIQUE.

La méthode de classification dans les deux séries varie à l'infini ; aussi nous n'en parlerons pas et nous renverrons le lecteur que ces détails intéressent, aux traités spéciaux, surtout à l'ouvrage de M. Naquet, *Principes de chimie moderne ; Dictionnaire* de M. Wurtz, etc...

Système périodique des éléments de M. Mendelejeff. Depuis longtemps déjà on avait remarqué certaines régularités dans les poids atomiques des corps ; les éléments dont les propriétés sont analogues ont des poids atomiques qui diffèrent entre eux d'une certaine quantité ou d'un multiple de celle-ci. MM. Dumas, L. Meyer, Newlands et d'autres avaient signalé certaines relations numériques entre les poids atomiques des corps appartenant à un même groupe. Toutefois ce n'est que M. Mendelejeff qui a donné une grande extension à ces idées en constituant ce qu'on a appelé le système naturel des éléments. Ces théories sont admises aujourd'hui par beaucoup de savants compétents, ce qui nous engage à en dire quelques mots.

M. Mendelejeff a rangé les corps d'après leurs poids atomiques croissants ; il n'a pas tardé à remarquer que le 8e élément est semblable au 1er et ceci se répète jusqu'à la fin de la série. On a donc des périodes hétérologues de 7 éléments dissemblables ; ces périodes placées horizontalement les unes au-dessous des autres, donnent des séries verticales d'éléments semblables, comme le montre le tableau de la page suivante.

Le premier groupe contient les métaux alcalins, à côté desquels viennent se placer les éléments du groupe du cuivre ; l'argent forme en effet des sels isomorphes avec les sels de sodium ; les métaux de ce groupe forment des oxydes basiques de la formule M^2O. Le deuxième groupe comprend les métaux de la famille du calcium et ceux de la famille du magnésium qui sont apparentées par l'isomorphisme de plusieurs de leurs composés. Le troisième groupe contient des métaux qui forment des oxydes M^2O^3. Le sixième groupe forme deux catégories qui se ressemblent par l'isomorphisme de beaucoup de sulfates et de sélénites avec les chromates et les molybdates. Nous trouvons, dans le 6e groupe, la famille du chlore d'un côté, celle du manganèse, de l'autre, qui se rapprochent par l'isomorphisme des perchlorates avec les permanganates et les perruthénates. Quant au 7e groupe, il est formé par la famille du fer qui a de grandes analogies avec le manganèse, et par les métaux du groupe du platine.

Si nous regardons attentivement le tableau qui suit, nous voyons que les propriétés d'un corps se retrouvent dans le corps dont le poids atomique a augmenté d'une certaine quantité toujours la même, à peu de chose près. Si nous partons du lithium nous retrouvons ses propriétés chez le sodium dont le poids atomique est = celui du lithium + 16 ; une nouvelle addition de 16, nous conduit au potassium qui, augmenté de 46 (3×16) nous donne le rubidium. Il suit de là que *les propriétés chimiques des éléments sont une fonction*

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Hydrogène 1	—	—	—	—	—	—	—	—
	Lithium 7.01	Glucinium 9.2	Bore 11	Carbone 11.97	Azote 14.01	Oxygène 15.96	Fluor 19.1	—
	Sodium 22.99	Magnésium 23.94	Aluminium 27.3	Silicium 28	Phosphore 30.96	Soufre 31.98	Chlore 35.37	—
	Potassium 39.4	—	—	Titane 48	—	—	—	—
	—	Calcium 39.90	—	—	Vanadium 57.2	Chrôme 52.4	—	—
	Rubidium 85.2	—	Yttrium 89.6	Zirconium 90	Niobium 94	Molybdène 95.6	Brôme 79.75	Rhodium 103.5
	—	Strontium 87.2	—	Etain 117.8	—	—	—	Ruthénium 104.1
	Argent 107.6	Cadmium 111.6	Indium 113.4	—	Antimoine 122	Tellure 128.2?	Iode 126.53	Palladium 106.2
	—	—	—	—	—	—	—	—
	Césium 133	Baryum 136.8	Lanthane 139	Didyme 147	—	—	—	—
	—	—	—	Erbium 169	—	—	—	—
	Mercure 199.8	—	—	—	Tantale 182	Tungstène 184	—	Iridium 192.7
	—	—	—	Plomb 206.4	Bismuth 210	—	—	Osmium 198.6?
	—	—	Thallium 203.6	Thorium 231.5	—	Uranium 240	—	Or 196.2
	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	Platine 196.7
	—	—	—	—	—	—	—	—

Poids atomiques de Stas.

périodique de leur poids atomique : c'est la loi de Mendelejeff.

La grandeur du poids atomique a une influence spéciale dans chaque groupe sur le caractère chimique des éléments. Les corps à poids atomiques peu élevés des groupes 3 et 4 forment des oxydes acides, tandis que ceux dont le poids atomique est plus grand, donnent des oxydes basiques. Les éléments des groupes 6 et 7 forment surtout des acides, qui sont d'autant plus énergiques que le poids atomique est faible, tandis que dans les groupes 1 et 2, qui comprennent des corps formant avec l'oxygène des bases, ces bases sont d'autant plus puissantes, que le poids atomique de l'élément est plus élevé.

Nous ne pouvons insister sur d'autres régularités que l'on remarque en étudiant attentivement le tableau de M. Mendelejeff ; il est un point cependant sur lequel nous appelons l'attention; on remarque dans le tableau, des lacunes entre deux éléments dont les poids atomiques présentent une différence plus grande que 2 ou 3 unités ; d'après M. Mendelejeff ces lacunes seront comblées tôt ou tard ; elles représentent des éléments dont la découverte est encore à faire. Lorsqu'il écrivait ces lignes, le gallium n'était pas connu; or, entre le zinc (P. A 64.9) et l'arsenic (74,9) il en existait deux ; la découverte du gallium par M. Lecocq de Boisbaudran en a comblé une ; le gallium prévu par la théorie de M. Mendelejeff s'est trouvé posséder les propriétés et le poids atomique que lui avait assigné ce savant.

Certes le système de classification n'est pas absolu ; on ne saurait toutefois en méconnaître la haute portée philosophique et c'est certainement une des plus belles conceptions de la chimie moderne que nous devons au savant russe.

Nous voici arrivés au terme de cette exposition succincte des doctrines chimiques depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours. Il nous reste maintenant à envisager les progrès accomplis dans notre siècle, en chimie industrielle. Le cadre de cet article ne nous permettant pas de nous étendre longuement à ce sujet, nous nous bornerons à enregistrer les nouvelles industries qui ont pris naissance au XIX^e^ siècle, en renvoyant pour tout détail aux articles qui seront publiés dans ce dictionnaire pour chaque produit présentant des applications industrielles importantes.

Les arts métallurgiques ont pris au XIX^e^ siècle un essor considérable; ce fait est facile à expliquer, si l'on considère l'immense développement apporté à la construction des machines à vapeur et des chemins de fer, sans compter toutes les autres industries qui emploient des quantités considérables de métaux. Naturellement, c'est le fer qui présente le chiffre le plus élevé de production. Quelques chiffres montreront l'énorme accroissement de cette production : le Royaume-Uni produisait dans les années :

1740. . .	17.630	tonnes (1,000 kil.)	de	fer brut.
1806. . .	262.300	—	—	—
1855. . .	3.268.000	—	—	—
1880. . .	7.721.833	—	—	—

Les méthodes d'extraction ont subi des perfectionnements considérables ; citons encore la préparation de l'acier d'après le procédé Bessemer, qui a acquis dans ces dernières années une extension considérable. L'Allemagne produisait en :

1860. . . . . 25.300 tonnes d'acier.
1871. . . . . 253:000 — —

Ainsi dans l'espace de 10 ans la production a décuplé. En 1879 la production française atteignait 312,921 tonnes ; elle était en Angleterre de 807,527 tonnes en 1878.

L'industrie du nickel est également toute moderne, l'emploi de ce métal pour le nickelage étant d'origine récente.

Citons encore une industrie créée de toutes pièces vers le milieu de ce siècle ; nous voulons parler de la fabrication de l'aluminium, isolé d'abord par M. Wœhler en 1845. Les savantes recherches de M. Sainte-Claire Deville (1854) ont réussi à vaincre les difficultés qui s'opposaient à la fabrication en grand et l'aluminium a trouvé de nombreux débouchés, qui seraient encore plus considérables, si le prix encore trop élevé de ce métal ne s'y opposait. — V. Bronze, § *Bronze d'aluminium*.

La chimie pure doit à l'industrie de l'aluminium un réactif précieux, le sodium métallique, qu'on peut se procurer maintenant à bas prix.

Les perfectionnements apportés depuis environ 25 ans dans la docimasie ont aussi contribué pour une grande part aux progrès de la métallurgie. La voie sèche, autrefois à peu près la seule en usage, a été presque complètement remplacée par la voie humide, qui donne des résultats beaucoup plus exacts, et les méthodes volumétriques, bien plus rapides et souvent plus précises que les méthodes pondérales se sont peu à peu introduites dans les laboratoires des usines métallurgiques.

Cette substitution de la voie humide aux anciens essais par voie sèche, doit être considérée comme un important progrès, car il ne peut suffire de connaître la teneur approximative d'un minerai, c'est-à-dire la quantité de métal qui peut en être extraite en grand ; il faut au contraire que cette teneur soit déterminée aussi exactement que possible, afin que d'après les résultats du traitement en grand, on puisse établir une comparaison exacte entre les indications obtenues par les essais et la quantité du produit fourni par la méthode d'extraction et modifier celle-ci en conséquence.

La décomposition des solutions salines par le courant électrique a créé l'industrie galvanoplastique. En 1837, un physicien russe, M. Jacobi, découvrit par hasard la manière de reproduire des gravures en décomposant le sulfate de cuivre par le courant électrique ; quelque temps après, une coïncidence fortuite lui fit découvrir les propriétés conductrices de la plombagine. Ces observations, qui auraient pu demeurer stériles entre des mains moins expérimentées, conduisirent l'habile physicien à poser les fondements de la galvanoplastie, qui lui permettait de reproduire en métal, tout objet préalablement rendu conducteur par l'application de la plombagine. — V. Argenture. Galvanoplastie.

Nous avons déjà exposé succinctement l'historique de l'industrie de l'acide sulfurique ; nous avons vu que c'est surtout aux efforts de savants et d'industriels français, que l'on doit les perfectionnements apportés dans ce siècle à cette industrie. Gay-Lussac par la découverte de l'appareil qui porte son nom (tour de Gay-Lussac) et MM. Perret frères, de Lyon, en substituant les pyrites au soufre, ont accompli les plus grands progrès réalisés dans la fabrication en grand de l'acide sulfurique.

Mentionnons aussi de toutes récentes méthodes pour la fabrication de l'acide sulfurique fumant et anhydre qui trouve un certain emploi dans l'industrie des matières colorantes artificielles. Au lieu du procédé usité depuis des siècles, qui consiste à distiller le sulfate ferreux, on est parvenu à combiner directement l'acide sulfureux et l'oxygène provenant de la décomposition de l'acide sulfurique.

L'industrie de la soude est également une création du XIXe siècle, quoique la découverte de Leblanc remonte à 1790. Malheureusement en France, ainsi qu'en Allemagne, le monopole du sel s'opposa au développement de la nouvelle industrie. Il n'en fut pas de même en Angleterre, où le monopole du sel, aboli en 1823, permit à l'industrie de la soude d'atteindre un développement énorme, de beaucoup supérieur à celui réalisé dans les autres pays. Le procédé de Leblanc n'a varié depuis que par l'emploi de moyens mécaniques plus ou moins perfectionnés, mais dans ces derniers temps, un nouveau procédé est venu faire une concurrence redoutable au procédé Leblanc. Nous voulons parler du procédé dit à *l'ammoniaque*, qui remonte à 1838, mais qui n'a été rendu pratique que dans ces dix dernières années, grâce surtout aux efforts de MM. Solvay, Schlœsing et Rolland. — V. Soude.

L'industrie des sels de potassium, tirés autrefois des cendres des végétaux, a également subi une modification profonde par la découverte des mines de Stassfurt, en Prusse (1851-1852), qui fournissent aujourd'hui la majeure partie des potasses commerciales. Comme produit secondaire, les sels de Stassfurt fournissent une quantité notable de brôme à l'industrie. Ce corps, découvert par Balard en 1826, et l'iode, son congénère, découvert par Courtois en 1811, jouissent d'applications assez importantes pour avoir permis de créer des industries florissantes. L'iode se retire des varechs et du nitrate de soude brut du Chili.

En continuant à examiner les industries chimiques du XIXe siècle, nous sommes amenés à dire quelques mots de l'industrie du phosphore. Tout le monde connaît les anciennes allumettes soufrées, qui nécessitaient pour avoir du feu, le briquet et l'amadou ; quoique le phosphore fut connu depuis fort longtemps (1661), ce n'est que vers 1820 qu'on commença à s'en servir comme moyen commode de se procurer du feu ; ce furent d'abord les briquets phosphoriques qui se transformèrent plus tard (1835) en allumettes chimiques. La découverte de Gahn et Scheele (1770) qui démontrè-

rent que le phosphore est contenu dans les os, forma dès lors la base de l'industrie du phosphore. Les allumettes dites *suédoises* à base de phosphore rouge, ne parurent que beaucoup plus tard.

La fabrication du verre a subi également des perfectionnements notables, dont le principal est celui de la trempe du verre, trouvée par un industriel français, M. de la Bastie (1873).

L'industrie des matières explosibles a acquis un développement très important, dû surtout aux grands travaux d'art exécutés dans ce siècle ; sans parler des perfectionnements apportés à la fabrication de la poudre à canon, toute une liste de nouveaux produits destinés à remplacer cet agent, ont fait leur apparition sur le marché. Le plus important, la dynamite, est d'origine tout à fait récente. On sait que la dynamite n'est que de la terre d'infusoires imbibée de nitroglycérine. Ce dernier corps a été découvert en 1847 par un chimiste italien, M. Sobrero, mais ce n'est qu'en 1862 qu'un chimiste suédois, M. Alfred Nobel, appela l'attention des hommes de l'art sur ce produit ; finalement, en 1867, M. Nobel introduisit la dynamite dans le commerce. — V. Dynamite. Un autre corps explosif, qui a acquis une certaine importance, le fulmi-coton, découvert par Schœnbein en 1845, sért dans la construction des torpilles.

Les fulminates, découverts par Howard en 1799, et étudiés par Liebig et Gay-Lussac, ont été employés dès 1819 à la fabrication de capsules fulminantes.

La fabrication de l'ammoniaque et des sels ammoniacaux, celle des superphosphates employés comme engrais et comme amendements des terres ont aussi subi des perfectionnements importants.

L'outremer et beaucoup de couleurs minérales sont également des découvertes du XIXe siècle ; on les trouvera décrites à leur place dans ce dictionnaire.

Si nous passons aux industries qui se servent de produits organiques, nous constatons un développement sans pareil de cette branche de la chimie industrielle. On peut hardiment affirmer qu'ici, presque tout est l'œuvre de notre siècle.

L'industrie des bougies stéariques, créée en 1831 par MM. de Milly et Motard, a réalisé depuis vingt ans des progrès importants. Les méthodes en usage pour l'extraction des acides gras qui servent à préparer les bougies, se sont beaucoup perfectionnées par suite des modifications apportées par notre collaborateur M. L. Droux dans la disposition des appareils. Le moulage des bougies a aussi été rendu plus facile et plus rapide par l'emploi de machines perfectionnées. — V. Bougie.

La préparation de la glycérine se rattache intimement à la fabrication des acides gras, puisque la matière première est le résidu de cette fabrication ; elle offre aujourd'hui une importance considérable, à cause des nombreux usages auxquels ce corps est employé, et elle a été elle-même dans ces derniers temps l'objet de perfectionnements notables.

L'éclairage au gaz date du commencement du siècle ; le pétrole est d'origine encore plus récente.

La fabrication du sucre de betterave, quoique entreprise déjà au milieu du XVIIIe siècle, ne prit son essor qu'à partir de 1825 ; il en fut de même de la fabrication de l'alcool au moyen des mélasses. Tout récemment encore (1877), une nouvelle industrie a été créée par l'utilisation rationnelle des vinasses, résidus de la fabrication de l'alcool. Un ingénieur distingué, M. Camille Vincent, a réussi à préparer de l'alcool méthylique et du chlorure de méthyle au moyen de ces résidus ; ces deux corps trouvent un emploi important dans la fabrication des couleurs d'aniline.

Nous n'avons pas besoin d'insister sur les progrès réalisés en teinture et en impression de tissus ; pour s'en convaincre il suffit de comparer les produits d'autrefois et ceux d'aujourd'hui ; une série de nouvelles matières colorantes est venue enrichir la gamme des couleurs ; quelques-uns de ces produits présentent un éclat et une pureté de nuance inconnus jusqu'ici ; c'est le moment de dire quelques mots de l'industrie des couleurs d'aniline, qui terminera dignement la liste des découvertes chimiques effectuées jusqu'à nos jours.

L'industrie dont nous allons parler date à peine d'un quart de siècle, et déjà les progrès réalisés sont immenses. A chacune des grandes joutes internationales qui se sont succédées depuis 1855, on a vu paraître de nouveaux produits, présentant toutes les nuances de l'arc-en-ciel. Nous avons d'abord eu les rouges d'aniline, connus sous le nom de fuchsine, rouge Solférino, Magenta, etc., puis les bleus et les violets Hofmann, plus tard le violet de Paris, le vert lumière ou vert méthyle, etc. Jusqu'ici ces matières colorantes étaient artificielles et on n'avait pu effectuer la synthèse des matières colorantes qui se trouvent dans la nature. Cette lacune vient d'être comblée ; en 1869, MM. Graebe et Liebermann effectuèrent la synthèse de l'alizarine, matière colorante de la garance, et cette découverte porta un coup mortel à la culture de cette rubiacée, car l'anthracène, corps d'où dérive l'alizarine, se trouve en abondance dans le goudron de houille, d'où on peut le retirer facilement.

Tout récemment (1880) la synthèse de l'indigo, par M. Baeyer, a montré le fruit que l'industrie peut tirer des recherches de chimie pure ; cette admirable découverte, quoique n'étant pas destinée à éliminer l'indigo naturel des ateliers de teinture et d'impression, présentera peut-être des applications importantes pour la réalisation de certains genres, difficiles à obtenir avec le produit naturel. Nous renvoyons pour tout détail, aux différents articles sur les Matières colorantes, où se trouvent exposés les modes de préparation des couleurs dérivant du goudron de houille.

Les progrès accomplis par les sciences au XIXe siècle resteront l'éternel honneur de notre époque, mais il faut constater que, comme la science pure, l'industrie a marché à pas de géants ; grâce à l'appui que se sont prêté mutuel-

lement la science pure et la science appliquée, ces deux branches de l'activité humaine ont pris un essor considérable et qui n'est pas près de s'arrêter. La chimie surtout, vaste champ de recherches, resté pendant longtemps inexploité, si ce n'est par de rares chercheurs sérieux et beaucoup d'intrigants, a acquis dans notre siècle une importance capitale ; c'est surtout la grande rénovation scientifique entreprise par Lavoisier et ses disciples, qui a permis ce développement sans exemple de la science qui nous occupe ; aussi nous sommes-nous attachés dans cette étude, à montrer l'influence des spéculations théoriques sur les applications pratiques de la chimie. La lutte entre la « pratique » et la « théorique » de Bernard Palissy n'existe plus aujourd'hui ; l'exposé des industries chimiques ne saurait être fait avec profit si on négligeait l'étude des lois générales, qui trouvent leur application dans les expériences de laboratoire tout aussi bien que dans l'usine du manufacturier. — G. B.

CHIMIE AGRICOLE

L'industrie n'a pas été seule à profiter du développement de la chimie; l'agriculture est entrée, grâce à elle, dans la voie des améliorations. Les phénomènes de la vie végétale ont éveillé de bonne heure l'attention des savants, et aussitôt après les découvertes de Lavoisier, un illustre Génevois, Th. de Saussure, commençait ses remarquables travaux qui permettent de le considérer comme le père de la physiologie végétale. Cette science s'est depuis enrichie de nombreuses observations, et il ne dépend plus que d'une application prudente et raisonnée d'en tirer partie.

La chimie agricole a pour objet l'étude des conditions de développement des organismes intéressant l'agriculture; elle s'occupe spécialement des organismes producteurs de matière organique et *contenant la chlorophylle*. — Si l'on examine au microscope quelque partie verte d'un végétal, on aperçoit un amoncellement de cellules parfaitement distinctes et séparées l'une de l'autre par des membranes translucides ; chacune de ces cellules contient une masse gélatineuse commune, du reste, à toute cellule d'origine animale ou végétale, le protoplasma ; dans les cellules chlorophylliennes, on remarque des granulations vertes, assez uniformément réparties ; c'est la chlorophylle ou matière verte des plantes, qui détermine leur coloration. Cette substance qui peut être extraite à l'aide de certains dissolvants, l'alcool par exemple, est chimiquement peu connue ; il n'en est pas de même de son rôle physiologique, dont nous reconnaîtrons toute l'importance en étudiant la vie de la plante.

Dans du sable quartzeux bien pur, plaçons une graine en germination et arrosons-la avec des dissolutions étendues de certains sels minéraux. Bientôt la jeune plante se développe, croît, et porte des fruits. Nous connaissons le poids de matière sèche (à 110°) dont se composait la graine ; déterminons celui de la plante récoltée ; une augmentation a eu lieu et l'analyse nous démontre qu'il y a eu production considérable de matière organique. Où la plante a-t-elle puisé le carbone, élément indispensable à la formation de matière organique? le sable quartzeux, lavé à l'acide sulfurique, est de l'acide silicique pur et nous n'avons ajouté que des solutions dans l'eau distillée, de sels minéraux de composition connue.

Grâce à l'admirable harmonie des choses de la nature, l'organisme végétal tire sa vie de ces mêmes éléments qui sont incapables d'entretenir celle de l'animal ; on a bientôt reconnu que c'est à l'acide carbonique que la plante demande le carbone nécessaire à l'entretien de ses fonctions ; le végétal décompose l'acide carbonique et rend à l'atmosphère l'oxygène mis en liberté par une réaction que, malgré tous nos efforts et les moyens dont nous disposons, il nous est impossible de répéter. L'expérience que nous venons de décrire est facile à établir ; elle a servi de base à toutes les recherches sur le rôle des divers agents dans la végétation. En la multipliant dans les conditions les plus diverses, en variant la température, la nature ou la proportion des sels minéraux, la composition de l'atmosphère où s'effectue le développement du végétal, on est parvenu à déterminer très exactement les conditions indispensables à la vie de la plante.

La décomposition de l'acide carbonique n'a lieu que dans l'appareil chlorophyllien ; aussi le phénomène dépend-il exclusivement de la présence de la chlorophylle et n'a pas lieu dans les cellules animales ou même dans les cellules des végétaux qui en sont dépourvus, les champignons et quelques phanérogames, les orobanches par exemple. On sait aujourd'hui d'une façon certaine que, dans aucun cas, ces végétaux ne peuvent produire de matière organique, dans le vrai sens du mot, et qu'ils vivent aux dépens des aliments carbonés puisés dans le milieu où ils se développent. Il est une autre condition indispensable à cette remarquable fonction du végétal. Toute synthèse chimique est un travail résultant de l'action d'une force ; des expériences très concluantes ont montré que la chaleur ne suffit pas à la cellule chlorophyllienne, et que le concours de la lumière est nécessaire. Dans son *Traité de chimie agricole*, Knop raconte à ce propos une anecdote caractéristique qui montre comment un grand génie avait déjà deviné cette admirable accumulation de force à laquelle travaillent, à tous instants, les organismes. « Un jour Stephenson, le célèbre inventeur de la locomotive, se trouvait avec Buckland au château de Dryton et tous deux regardaient un des premiers trains de chemin de fer disparaître dans le lointain. « Pourriez-vous me dire, demanda Stephenson au savant géologue, quelle est la force qui fait avancer ce train ? » « Sans aucun doute, l'une de vos puissantes machines ! » « Oui, mais qui est-ce qui fait mouvoir la machine? » « Probablement l'un de vos mécaniciens ! » « Non, répondit Stephenson, c'est la lumière solaire conservée depuis des siècles, absorbée par les plantes, et employée à la condensation du carbone nécessaire à leur développement ; cette lumière, accumulée dans les gisements de houille, je l'emploie, dans cette locomotive, au service de l'humanité ! » Stephenson

faisait ainsi ressortir le principe auquel tous les travaux modernes ont amené; cet acide carbonique mis en liberté par la combustion du carbone va de nouveau servir à la vie du végétal qui restituera à l'atmosphère l'oxygène qui a servi à la combustion. L'expérience suivante que nous devons à M. Boussingault démontre l'influence de la lumière sur la végétation. Dans deux pots contenant du sable pur, on sème deux haricots; tous deux sont simplement arrosés d'eau distillée, sans autre addition de sel minéral; la germination et le développement ont lieu dans le premier cas à la lumière, dans le second cas dans l'obscurité. On obtient les résultats suivants:

	A la lumière		Dans l'obscurité
Poids de la graine. .	0ᵍ,922		0ᵍ,926
Poids de la plante . .	1ᵍ,293		0ᵍ,564
Augmentation . .	0ᵍ,371	diminution.	0ᵍ,360

Par l'action de la lumière, la chlorophylle a pu se former et assimiler l'acide carbonique de l'atmosphère; dans l'obscurité, au contraire, la plante s'est étiolée et a vécu, comme un organisme privé de chlorophylle, aux dépens de la matière organique qu'elle renferme; il y a eu combustion et production d'acide carbonique. M. Boussingault a de plus déterminé la quantité d'acide carbonique que peut décomposer l'organisme végétal; il est arrivé à une moyenne de 1 litre 108 d'acide carbonique par mètre carré et par heure pour la surface des feuilles. Quant au reste, il est impossible de se faire une idée de la quantité d'acide carbonique décomposé dans le monde, puisque toute statistique reculerait devant la détermination de la surface totale des parties vertes des végétaux! On sait seulement que la quantité d'acide carbonique contenu dans l'atmosphère tend à rester constante et toutes les analyses de l'air — de la cîme des Alpes ou des centres industriels — indiquent une quantité d'acide carbonique variant de 3 à 6 dix-millièmes en volume. Si l'acide carbonique est l'un des aliments du végétal, il serait erroné de penser qu'une considérable augmentation de la teneur en acide carbonique pût être favorable; on a constaté que dans ces conditions, le développement est très pénible.

A côté de ce phénomène dépendant de l'action de la lumière solaire et de la présence de chlorophylle, la plante accomplit un autre acte respiratoire et consomme de l'oxygène en produisant de l'acide carbonique; la « respiration » est indépendante de la lumière, et même, selon Liebig, de la vie de la plante, ce qui est plus discutable. Cette production d'acide carbonique, bien que constante, est secondaire; d'après M. Boussingault, pour trente volumes d'acide carbonique décomposé et, par conséquent, d'oxygène expiré, le végétal n'emploierait qu'un volume d'oxygène pour la respiration proprement dite. Il faut pourtant rappeler que la décomposition de l'acide carbonique est limitée aux parties vertes et à la durée du jour, tandis que la consommation d'oxygène se prolonge pendant la nuit.

Quelle est la réaction chimique par laquelle l'acide carbonique est décomposé? la question est loin d'être élucidée, mais on a fait quelques progrès vers la connaissance de ce problème. On sait aujourd'hui que toutes les parties vertes des feuilles contiennent, en petite quantité, il est vrai, un corps aldéhydique volatil, probablement l'aldéhyde formique CHO; ce corps est le plus simple des hydrates de carbone; M. Buttlerow est parvenu à le transformer par un agent d'hydratation, l'eau de baryte, en un polymère, la méthylénitane, sorte de sucre qui réduit la liqueur de Fehling. Nous avons donc ici une première transformation analogue à celle que peut subir dans la cellule le produit de réduction inconnu de l'acide carbonique; quel qu'il soit, il est immédiatement transformé en amidon, que tous les physiologistes s'accordent à considérer comme le premier produit d'assimilation, formé d'après l'équation empirique:

$$6CO^2+5H^2O=C^6H^{10}O^5+12O$$

On ne possède aucune donnée précise sur la nature des transformations que subit l'amidon, lorsqu'il est entraîné par la sève et quitte la cellule où il a pris naissance; on est porté à admettre une sorte d'hydratation qui le transformerait en sucre, tandis que par un phénomène contraire, il serait employé à la formation de la cellulose qui constitue la membrane cellulaire. Dans certaines conditions spéciales, la cellulose donne naissance aux gommes. On ignore absolument le mode de transformation de l'amidon en graisse; Sachs considère comme très probable la formation de corps acétoniques intermédiaires, mais ici encore les intermédiaires n'ont pu être isolés. Aux synthèses si compliquées qu'effectue la plus simple cellule chlorophyllienne, la production d'hydrates de carbone, de graisses, de glucosides vient encore s'ajouter la synthèse des matières albuminoïdes, produits complexes dont nous ignorons encore la constitution et que la cellule végétale est seule capable d'élaborer à l'aide de trois composés: l'acide carbonique, l'eau, l'ammoniaque combinée et le concours des phosphates et des sulfates. Nous n'avons considéré jusqu'ici que le rôle de la plante dans l'atmosphère et les fonctions de l'appareil chlorophyllien. L'acide carbonique et l'eau seraient insuffisants au développement de l'organisme végétal et à la production de matières protéïques, qui, outre le carbone, l'oxygène et l'hydrogène, renferment encore de l'azote, du soufre et du phosphore. La plante exige enfin d'autres matières minérales et nous allons envisager en quelques mots le phénomène de la nutrition.

L'absorption des aliments nécessaires a lieu par la racine, au moyen de spongioles qui terminent les fibrilles et sont composées d'un tissu cellulaire de formation récente.

Les substances puisées dans le sol sont l'ammoniaque, des sels alcalins, et de l'acide carbonique qui s'ajoute au total de celui qui est décomposé par les parties vertes. On a longtemps discuté la question de savoir si la plante puise dans l'atmosphère une partie de l'azote qui lui est nécessaire; après les expériences de MM. Boussingault, Lawes et Gilbert, on sait aujourd'hui que la plante est

incapable d'assimiler d'une manière directe ou indirecte l'azote libre de l'atmosphère. Le nitrate et le nitrite d'ammoniaque de l'atmosphère condensés par les eaux pluviales sont par contre une véritable source d'ammoniaque pour les végétaux. Sous l'influence de l'électricité, une partie de l'oxygène de l'air voisin des nuages est transformée en ozone ; par l'action de l'ozone sur l'ammoniaque mise en liberté par la putréfaction des matières azotées et, contenue dans l'atmosphère, il se forme du nitrite d'ammoniaque :

$$2AzH^3 + 4O^3 = AzH^4AzO^2 + H^2O^2 + 4O^2$$

l'eau oxygénée formée, oxyde une partie du nitrite d'ammoniaque et le transforme en nitrate qui retombe ainsi sur le sol pendant les pluies d'orage. Il ressort de recherches très exactes effectuées dans les environs de Florence que la quantité de nitrate d'ammoniaque annuellement fournie au sol par les eaux pluviales s'élève à près de 26 kilogrammes par hectare de terrain. L'ammoniaque nécessaire au développement de la plante provient également de la putréfaction des matières végétales ou animales ; l'addition de calcaire à la terre labourable facilite cette décomposition. Les sels alcalins et terreux proviennent du sol ; les sulfates sont décomposés par l'ammoniaque qui se substitue à leur base et forme du sulfate d'ammoniaque, éminemment propre à la nutrition de la plante. Le phosphate de chaux, insoluble dans l'eau, est soluble dans l'eau contenant un sel ammoniacal ou seulement de l'acide carbonique : c'est ce qui a lieu dans les eaux pluviales.

Quelles sont les substances inorganiques indispensables à la végétation? L'analyse des cendres des végétaux ne saurait toujours nous donner une réponse précise et il est bien préférable d'employer la méthode expérimentale qui a déjà servi à reconnaître l'influence de l'acide carbonique et de la lumière sur la végétation. Certaines plantes possèdent, en effet, la merveilleuse propriété de condenser des éléments que nos moyens d'analyse sont à peine suffisants à reconnaître dans le milieu où elles se développent. C'est ainsi que M. Grandeau a reconnu la présence du rubidium dans les cendres végétales. L'eau de mer ne contient que des traces d'iode que certaines algues parviennent à concentrer ; le lithium, enfin, ne se trouve-t-il pas dans presque toutes les cendres végétales?

La constance remarquable de composition chimique des diverses variétés de cendres, surtout au point de vue des éléments constitutifs, et l'expérience agricole la plus complète ont pourtant démontré de la manière la plus certaine que la plupart des composés salins trouvés à l'analyse sont nécessaires à la végétation. Elles ont, en outre, appris à les classer par ordre d'importance nutritive, par rapport à l'ensemble du végétal et à ses diverses parties constitutives (feuilles, tiges, semences, graines, etc.). C'est ainsi que les phosphates dominent singulièrement dans la graine et forment à eux seuls la totalité de la masse minérale trouvée à l'incinération. Le phosphate de potasse domine (50—60 0/0) ; viennent ensuite en proportions sensiblement égales, les phosphates de chaux et de magnésie. Dans les tubercules, on trouve principalement des carbonates de potasse, de soude et de chaux, et du phosphate de chaux en quantité notable. Les cendres des feuilles sont principalement composées de silice et de carbonate de chaux. On trouve enfin du sulfate de potasse dans les cendres de toutes les parties végétales.

Quels sont les éléments indispensables et sous quelle forme sont-ils assimilés de préférence? Voici d'abord la liste des éléments qu'on a trouvés dans les cendres.

Métalloïdes : Soufre, phosphore, arsenic, silicium, titane, bore, chlore, brôme, iode et fluor, Métaux : potassium, sodium, lithium, rubidium, magnésium, calcium, baryum, strontium, fer, aluminium, zinc, manganèse, cobalt, nickel et cuivre.

Quelques-uns n'ont été trouvés que dans des circonstances spéciales. Sans nier leur importance au point de vue du caractère morphologique de l'espèce, nous ne parlerons que des éléments communs à tous les organes végétaux, le soufre, le silicium, le phosphore, le chlore ; le potassium, le sodium, le calcium, le magnésium et le fer.

Le soufre ne peut être assimilé qu'à l'état de sulfate neutre, d'ammoniaque, de potassium, de sodium, de chaux ou de magnésie. Sous toute autre forme, le soufre est nuisible.

Il en est de même du phosphore qui ne saurait être employé qu'à l'état de phosphate. Des recherches très précises ont démontré le rapport entre la présence des phosphates dans le sol et la quantité de matières protéïques formées. On trouvera à l'article Engrais des renseignements qui permettront de juger de l'importance des phosphates dans le rendement des récoltes.

La teneur élevée en silice de certains organes végétaux, les tiges et les feuilles, son accumulation dans les graminées a fait longtemps considérer le silicium comme indispensable au développement des végétaux. Cette opinion de Davy a été complétement renversée par les expériences si concluantes de Sachs qui parvint à faire croître du maïs — dont les cendres contiennent ordinairement 20 0/0 de silice — dans un milieu exempt de silice ; la plante était développée d'une façon tout à fait normale, la récolte égale à la moyenne, mais la silice tout à fait absente dans les cendres. Si la silice n'est pas indispensable elle est fort utile dans certains cas ; il n'est pas question ici de la nature du sol qui exerce une grande influence sur la culture.

Le rôle du chlore dans la végétation est assez peu étudié ; Nobbe a démontré qu'il est nécessaire à la fructification de certaines plantes. L'avantage d'une addition de chlorures au sol est pourtant loin d'être démontrée ; pour les betteraves et les pommes de terre, on sait d'une façon certaine que le rendement en sucre et en amidon est notablement diminué.

Bien que son importance soit moins explicable que celle du phosphore, le potassium est tout aussi indispensable au développement du végétal

et Liebig a déjà démontré l'étroite connexion entre la présence de la potasse dans le sol et la formation de l'amidon; la potasse peut être employée à l'état de chlorure, de nitrate, de phosphate, de sulfate ou même de silicate: le carbonate de potassium est, au contraire, nuisible à cause de son alcalinité.

Le sodium dont les sels ont tant d'analogie avec les sels de potassium, ne saurait pourtant remplacer dans aucun cas ce dernier. A l'exception de quelques espèces spéciales végétant au bord de la mer et des lacs salés, la plupart des plantes contiennent fort peu de sodium qui n'est pas nécessaire à leur développement.

On ne connaît pas de sol cultivé qui soit exempt de composés du calcium, dont la présence indispensable a déjà été démontrée par M. de Saussure. Les cendres des feuilles sont particulièrement riches en sels de chaux. Le calcium est absorbé par les racines à l'état de bicarbonate, de nitrate, de phosphate ou de sulfate. Le chlorure de calcium est au contraire nuisible à la végétation.

Les composés du magnésium sont également nécessaires à l'entretien de la vie de la plante. Le magnésium semble avoir un rôle différent de celui du calcium et accompagne les matières protéïques. Aussi est-il accumulé à l'état de phosphate dans les graines des céréales. Le chlorure de magnésium est encore plus nuisible que le chlorure de calcium, et le sulfate semble être le sel le mieux assimilé.

Nous avons ainsi passé en revue les éléments indispensables à toute végétation et à toute production de substance organique. Il en est encore un — le fer — sans lequel tous les autres sont insuffisants. Lorsqu'une plante végète dans un milieu exempt de fer, et parvient à croître péniblement, toutes les parties ordinairement vertes restent incolores; les cellules restent exemptes de chlorophylle; la plante, loin de décomposer l'acide carbonique, est, au contraire, soumise à une véritable combustion aux dépens de ses éléments constitutifs. On a surnommé chlorose cette véritable anémie du végétal qu'il est également facile de faire disparaître artificiellement à l'aide de dissolutions étendues de sels de fer. Le rôle physiologique du fer ressortait donc clairement; on en avait conclu que la chlorophylle devait contenir du fer, lorsqu'en 1879, MM. Gautier et Hoppe-Seyler, en isolant la chlorophylle démontrèrent l'absence du fer dans la substance convenablement purifiée. La nécessité dûment constatée du fer pour la formation de la chlorophylle est donc moins facile à interpréter.

L'alumine est très rarement contenue dans les cendres végétales et ne s'y trouve le plus souvent qu'à l'état d'impureté. On cite pourtant une espèce de *lycopodium* qui contiendrait une forte quantité d'acétate d'alumine.

On trouve des traces de manganèse dans la plupart des cendres de végétaux et particulièrement dans celles des arbres forestiers.

Grâce aux travaux que nous venons de résumer, on a pu fixer d'une manière certaine les conditions de milieu les plus favorables à la végétation, conditions excessivement variables dont la détermination exige le concours des connaissances les plus étendues de l'homme de science et l'expérience du praticien. On comprend les services que peuvent rendre une série d'observations suivies, le dosage des cendres et l'évaluation du poids total des éléments importants dont la récolte prive le sol.

A l'exception des nitrates, les substances minérales qui jouent un rôle si important dans la végétation résident dans des roches plus ou moins dures que l'on nomme feldspath, mica, etc... et dont les éléments sont la silice, l'alumine, la potasse, la magnésie, la chaux, etc... Ces bases sont mises en liberté par la désagrégation ou la décomposition des roches, dont les débris constituent la terre labourable. Les roches sont désagrégées et dissoutes par l'eau chargée d'oxygène ou d'acide carbonique; les silicates alcalins ou alumineux désagrégés forment alors les terres nommées *argiles*.

Le mélange du plâtre avec les terres labourables peut rendre solubles les silicates de potasse qui y sont enfouis, mais on ignore encore si cette action favorable est due à la formation de sulfate de potasse, ou si le plâtre exerce une action purement physique. Quoiqu'il en soit, l'avantage est incontestable et a déterminé les agriculteurs à *plâtrer* les terres où l'on cultive les légumineuses (trèfle, luzerne, sainfoin) dont les cendres sont riches en potasse. Le *chaulage*, c'est-à-dire l'addition de carbonate de chaux provoque la formation de l'ammoniaque et sert très utilement dans la culture des céréales auxquelles les engrais azotés sont nécessaires. Quant au meilleur état physique du sol, voici d'après MM. Le Maout et Decaisne, quelles sont les qualités requises :

La silice est utile en ce que, étant pulvérulente et insoluble, elle livre passage à l'air et à l'humidité; l'alumine, en ce qu'elle retient cette humidité autour des racines; la chaux, en ce qu'elle déplace les bases alcalines des silicates pour se substituer à elles sous l'influence de l'eau chargée d'acide carbonique; c'est ce qui explique l'efficacité des marnes qui sont un mélange d'argile et de chaux.

Si le sol se compose uniquement de silice pure ou de calcaire pur, il est d'une stérilité absolue; s'il est exclusivement argileux, les racines ne peuvent s'enfoncer dans le sol. Le meilleur terrain est celui où l'argile est mélangée avec du calcaire et du sable (silice) dans une proportion telle qu'il livre passage à l'air et à l'humidité.

Les labours sont utiles en ce qu'ils divisent les terres et multiplient les surfaces qui doivent être en contact avec l'ammoniaque des eaux pluviales, l'acide carbonique et l'oxygène de l'air, pour que les débris des roches qui constituent la terre labourable subissent une décomposition complète.

On nomme *jachère* cette période de culture où l'on abandonne le sol aux influences atmosphériques. Un *assolement* est la culture sur un terrain en jachère d'un autre végétal par la récolte duquel on n'enlève pas au sol les matériaux utiles au végétal qu'on doit y cultiver plus tard. — H. G.

Bibliographie : WURTZ : *Dictionnaire de chimie pure et appliquée;* SCHÜTZENBERGER : *Traité de chimie générale;* NAQUET : *Principes de chimie fondée sur les théories modernes;* REGNAULT : *Cours élémentaires de chimie;* WURTZ : *La théorie atomique;* WATT'S : *Dictionary of chemistry;* FEHLING : *Neues Handwœrter buch der Chemie;* DUMAS : *Leçons de philosophie chimique;* HOEFER : *Histoire de la chimie;* WURTZ : *Histoire des doctrines chimiques depuis Lavoisier jusqu'à nos jours;* GMELIN : *Geschichte der Chemie;* LADENBURG : *Entwickelungsgeschichte der Chemie;* RAU : *Die Grundlage der modernen Chemie;* Le même : *Die Entwickelung der modernen Chemie ;* KOPP : *Geschichte der Chemie.*

Pour la chimie agricole : BONNET : *Sur l'usage des feuilles,* 1752; Th. de SAUSSURE : *Recherches chimiques sur la végétation,* 1804; LIEBIG : *Chimie appliquée à l'agriculture et à la physiologie,* 1864; J. SACHS : *Handbuch der Experimental Physiologie der Pflanzen;* 1865 : BOUSSINGAULT : *Agronomie et chimie agricole,* 1860-74; A. MAYER : *Lehrbuch der agricultur-Chemie,* 1876; DÉHÉRAIN : *Recherches sur l'assimilation des substances minérales par les plantes,* 1868; G. VILLE : *Sur le rôle des nitrates dans l'économie des plantes,* 1857; LAWES, GILBERT et PUGH : *Proceedings of the royal Society,* 1860, et les nombreuses notes de MM. Schlösing, Peligot, Grandeau, Déhérain, publiées dans les Comptes-Rendus de l'Académie des sciences depuis 1860.

* **CHIMIQUAGE.** *T. techn.* Opération qui consiste à enduire de pâte phosphorée l'une des extrémités de l'allumette.

CHIMIQUE. Qui appartient à la chimie. || *Allumettes chimiques.* — V. ALLUMETTES CHIMIQUES.

CHIMISTE. *T. de mét.* Celui qui cultive la chimie, qui se livre à la pratique de la chimie.

* **CHIMOINE.** *T. de constr.* Sorte de stuc ou de ciment imitant le marbre.

* **CHIMITYPIE.** Procédé qui permet d'imprimer, au moyen de la presse typographique, une gravure en creux en lui donnant un relief suffisant tout en lui conservant la finesse de son trait. Pour obtenir ce résultat on procède de la manière suivante : le dessin étant gravé à l'aiguille dans le vernis sur plaque de zinc, on fait mordre le trait à l'acide et l'on enlève ensuite le vernis. Après avoir bien lavé, nettoyé et séché la planche pour enlever toute trace d'acide on la chauffe au moyen d'une lampe à l'esprit de vin, ou de toute autre manière, jusqu'à ce que de la limaille d'étain et de bismuth, que l'on a répandue sur la surface, remplisse le trait. On égalise la planche en grattant le métal fondu jusqu'au niveau de la plaque de zinc et de manière qu'il n'en reste que dans le trait gravé. L'on soumet alors la plaque à l'influence d'une faible solution d'acide muriatique et, l'un de ces métaux étant positif et l'autre négatif, ce n'est que le zinc qui est attaqué par l'acide, tandis que le métal liquéfié qui avait pénétré dans les cavités de la gravure reste en relief. L'opération, qu'il ne faut pas conduire plus loin que l'épaisseur du métal fondu, étant achevée, on peut se servir sur la presse typographique de ce nouveau cliché.

* **CHINA-CLAY.** Terre argileuse produite par la décomposition des feldspaths des roches granitiques. On trouve le china-clay proprement dit, dans le Cornwall et dans le Devonshire en Angleterre. C'est une terre qui a beaucoup de ressemblance avec le kaolin, la terre de pipe, et les terres qui servent à faire la porcelaine, sans cependant avoir la même composition. Le nom anglais de *china-clay* veut dire *terre de Chine* parce que c'est avec une terre analogue que les chinois font leurs porcelaines. Mais on désigne spécialement sous ce nom, la substance qui sert dans les parements et dans les apprêts, à empeser les tissus, tant écrus que teints. Les fabricants anglais sont arrivés à incorporer dans leurs tissus jusqu'à 50 0/0 du poids du coton. Cette fraude, contre laquelle il a été vivement protesté, se pratique non seulement en Angleterre, mais aussi, quoiqu'en moindre proportion, dans la plupart des pays manufacturiers. C'est en France où les apprêts chargés se font le moins. On se sert également du china-clay pour charger les papiers.

Le china-clay se trouve dans le commerce sous forme d'une poudre blanche, très onctueuse au toucher. Les produits similaires d'autres provenances sont plus maigres et beaucoup moins blancs. Avant de l'expédier, on le lave pour le débarrasser des parcelles de quartz qu'il renferme.

— D'après le Dr Richardson, le china-clay aurait la composition suivante :

	I	II	III
Silice	46.32	46.29	35.65
Alumine	39.74	40.09	32.50
Fer	0.27	0.27	1.65
Chaux	0.36	0.50	traces
Magnésie	0.44	»	»
Eau et traces d'alcalis	12.67	12.67	30.05
	99.80	99.82	99.85

Dufrenoy a analysé le china-clay de Plynston (Devonshire) et lui a trouvé la composition suivante :

Silice	44.26
Alumine	36.81
Eau	12.74
Chaux, magnésie, potasse	1.55
Fer, manganèse	traces
Résidu non argileux	4.30
	99.66

Brongniart et Malagutti lui assignent la teneur ci-après :

Silice libre	10.19
Acide silicique	34.07
Alumine	36.81
Eau	12.74
	93.81

La formule représentant ce corps serait

$$Al^2 O^3 + Si O^3 + 2 HO.$$

L'exportation de ce produit a été, en 1865, de 42,000 *tonnes anglaises; en 1875, de 125,000 tonnes anglaises.*

C'est du petit port de Teignymouth que s'expédie généralement le *china-clay* que l'on appelle aussi *teignymouth-clay.* La quantité exportée en 1875 représente une valeur d'environ 3 à 5 millions de francs.

* **CHINAGE.** *T. de teint.* Opération consistant à colorer partiellement des écheveaux blancs ou colorés d'une autre nuance, de façon telle que les brins terminés posés au hasard l'un à côté de l'autre forment un *chiné.* (V. ce mot.) En général,

on s'arrange de façon à ce qu'il y ait autant de couleur que de blanc. On varie la hauteur de la partie imprimée, suivant le goût de la consommation. Aujourd'hui, on est arrivé à faire des chinés de plusieurs couleurs.

Le chinage se fait de deux manières : soit à la corde, soit à la machine. Le chinage à la corde, se fait toujours par teinture. On lie les écheveaux au moyen de cordes ou de ficelles, puis on teint ; les parties resserrées par les cordes ne laissent pas pénétrer le bain de teinture et par conséquent ne se teignent pas ; les autres, au contraire, se teignent en raison directe de la facilité de pénétration du bain. Le chinage par impression ou à la machine se fait au moyen de la machine à chiner. On peut imprimer jusqu'à six couleurs à la fois, dans ce dernier cas, on emploie des couleurs vapeur, auxquelles on donne le traitement approprié. — V. Chiner (Machine à).

***CHINAGRASS**. Ce textile, qu'on appelle encore *ramie* ou *ramié*, provient d'une plante appartenant à la famille des urticées, originaire de l'Inde ou de la Chine, mais qui croît à l'état naturel dans toute la partie sud de l'Asie et en Océanie. Longtemps on a compris cette plante dans le genre *urtica*, ce qui l'a fait appeler en France *ortie de la Chine*, mais aujourd'hui, tous les botanistes sont d'accord pour la placer dans le genre *bœhmeria*. Il y a deux genres de bœhmeria qui fournissent le chinagrass à l'industrie ; la *bœhmeria utilis* ou *tenacissima*, qui croît dans les régions tropicales, et la *bœhmeria nivæa* ou *candicans*, qu'on rencontre dans les contrées plus tempérées.

Dans les divers pays de production, le chinagrass est employé comme matière textile pour la confection des cordages, ficelles et filets de pêche, et pour la fabrication des tissus ; on fait aujourd'hui de grands efforts pour l'acclimater et l'employer en Europe. — V. Ramie.

— Des associations ont été fondées en France pour poursuivre la propagation et l'exploitation de cette plante. La plus ancienne de ces Sociétés, celle qui a le plus aidé à la propagation de cette industrie, date de 1879 ; elle a été fondée sous le nom de *Compagnie industrielle de la Ramie*, principalement pour l'exploitation d'une machine à décortiquer cette plante due à MM. Labérie et Berthet, de Gueures ; elle a créé une filature de chinagrass, aujourd'hui disparue, à Montreuil-sous-Bois, sous la direction de M. Boski, et elle a entrepris, en Algérie, quelques cultures par l'intermédiaire de M. Numa Bothier ; presque tous ses produits sont absorbés par la fabrique de Lyon. Les autres sociétés ont principalement pour but non plus le filage de la fibre, mais sa culture et sa décortication ; l'une, dite *Société anonyme de culture et d'exploitation de la Ramie* a été fondée à Paris, en 1880, au capital de 3 millions, dans le but d'exploiter le chinagrass sur un domaine de 4,000 hectares, dénommé Mir-Miran, sis à Djesser-el-Hadid, près Antioche (Syrie) ; l'autre, dite la *Ramie française*, a été fondée en 1881, au capital d'un million, à Avignon, dans le but de favoriser la culture de la ramie dans le Vaucluse, en remplacement de la culture de la garance tuée par la découverte de l'alizarine artificielle. Cette dernière société livre ses produits à M. Bailly, filateur de chinagrass, à Nay (Basses-Pyrénées), le seul qui existe actuellement en France.

En Angleterre, il existe deux importants établissements s'occupant de chinagrass ; la filature de M. Marc Dawson, à Bradfort, et le peignage de M. Bonsor, à Wakefield et à Lees. En outre, le gouvernement anglais qui, depuis 1869, avait mis au concours, avec un prix de 250,000 francs, le problème de la décortication de chinagrass, vient d'accorder une prime de 20,000 francs, à une machine inventée par un ingénieur de l'état hollandais habitant Java, M. van der Ploeg. Ceux de nos lecteurs qui suivent avec intérêt les efforts tentés pour l'exploitation de ce textile, trouveront de nombreux détails dans les ouvrages suivants :

Bibliographie : La Ramie ou Chinagrass, état actuel de cette industrie, par Alfred Renouard (Paris, lib. Baudry, 1882) ; *La Ramie, son origine et son nom*, par Jean de Bray (Alger, 1873) ; *La Ramie ou Ortie blanche sans dards, synonyme Chinagrass*, par Mœrman-Lamburhr (Gand, 1870) ; *Nouvelle industrie de la Ramie*, par M. Favier (Paris, lib. Lacroix, 1881) ; *Culture de la Ramie*, par Goncet de Mas (Paris, 1877), etc.

CHINCHILLA. Genre de rongeur du Chili et du Pérou, et qui fournit une fourrure gris perlé fort estimée. || Les poils fins et soyeux de ce quadrupède ont été utilisés pour le tissage d'étoffes de prix ; par extension, on donne le nom de *chinchilla* à des étoffes à longs poils qui imitent la fourrure de ce petit animal.

***CHINE** (1). Malgré le caractère exclusif de sa civilisation, la Chine pour la première fois, en 1878, a subi l'influence de l'activité européenne qui la sollicite de toutes parts, et sa participation à notre dernière Exposition universelle nous a permis d'embrasser les diverses branches de ses travaux. Avant d'aborder cette étude d'ensemble, jetons un coup d'œil sur l'importance de son commerce et de sa population.

Cet immense empire, le plus vaste de la terre après l'empire de Russie, s'étend de l'Est à l'Ouest sur 78 degrés, et du Nord au Sud sur 38 degrés ; sa population est en rapport avec son étendue ; d'après un recensement exécuté en 1815, par ordre de l'empereur Kia-King, on comptait 363,784,360 habitants pour la population du Céleste Empire et de ses colonies ; le recensement de 1852 accusait 536,904,000 habitants. Mais ce dernier chiffre, à le supposer exact, dit M. de Fontpertuis, dans son livre *Chine, Japon, Siam et Cambodge*, doit avoir subi à l'heure qu'il est une forte réduction du fait des longues années de guerres civiles, de dévastations et de massacres qu'a traversées la Chine. La question est de savoir dans quelle mesure cette réduction s'est produite ». Dans une excellente *Notice géographique, statistique et politique* sur ce pays, un anglais, M. Alfred Hippesley, ne lui attribuait pas plus de 250 millions d'âmes. Mais un de nos compatriotes, M. l'abbé Armand David, dont le séjour en Chine s'est prolongé pendant une dizaine d'années, et que sa qualité de missionnaire mettait à même de mieux apprécier certains détails, nous donne un chiffre différent. « Prenant pour type le Tou, ou canton de Tsi-fou, qu'il habitait et pour base le nombre de quatre personnes par famille, le savant missionnaire a trouvé 4,000 âmes pour ce canton, et sur le pied de 5,345 *tous*, 17,380,000 pour la province de Kiang-Si. S'il y en a de moins peuplées, il y en a aussi qui le sont davantage, et si l'on en prend sa population pour moyenne, on arrive, pour l'empire entier, au chiffre de 312,840,000 personnes (2).

Les rapports de la douane permettent d'apprécier exactement le commerce considérable et toujours croissant que la Chine entretient avec l'Inde, l'Europe et l'Amérique. Il se fait actuellement dans dix-sept ports,

(1) V. la note page 117, t. I.
(2) *L'Empire chinois*, Hachette, éd., 1875.

où, à la fin de 1875, on comptait 340 maisons étrangères et plus de 3,500 résidents. Il donne du fret à 11,406 navires à vapeur et à 5,888 voiliers, sur lesquels 8,277 arborent le pavillon anglais, 3,836 le pavillon américain, 1,577 le pavillon allemand et 279 seulement le pavillon français. Il représente une valeur de .530,221,000 francs pour les marchandises étrangères importées en Chine et de 538,899,000 pour les produits indigènes qui en sont exportés. Décomposés par nationalités, ces chiffres indiquent que la Grande-Bretagne et ses colonies absorbent à elles seules les 85 centièmes de tout le commerce extérieur de ce grand empire, le reste appartenant pour 5 centièmes aux Etats-Unis et se répartissant, pour les dix autres, entre l'Allemagne, la France, la Russie, les pays scandinaves, le Japon, l'Espagne. (*La Chine et le Japon*, à l'Exposition de 1878; Paris, Delagrave, éd.)

Industrie et arts décoratifs. Dès le seuil de l'exposition chinoise nous avons constaté un fait capital qui contient toute une révélation sur l'état moral du pays, sur le degré d'avancement de sa politique et de sa civilisation; la Chine n'a pas exposé officiellement. Les collections qui nous ont été montrées ont été réunies, expédiées et installées, sans l'intervention du gouvernement, par la direction générale des douanes, à Shang-haï ; la commission organisatrice composée d'Anglais, de Français, d'Américains, ne comptait pas un seul membre chinois. Les marchands indigènes qui ont confié des objets à cette commission l'ont fait en vue du lucre et non des récompenses honorifiques. Les exposants n'étaient pas des artistes, des industriels, des fabricants : c'étaient des commerçants, des intermédiaires. Contrairement au Japon qui s'élance avec une ardeur juvénile dans la voie du progrès occidental, la Chine reste sourde à notre appel, fermée à la politique étrangère, réfractaire à l'économie des échanges internationaux.

Il ne fallait point chercher dans la section chinoise ce que nous appelons des œuvres d'art proprement dites : tableaux, statues, gravures. Nos procédés de peintures à l'huile leur sont inconnus. Leurs peintures prennent parfois la forme de fresques dont ils décorent l'intérieur des temples, et le plus souvent d'aquarelles tracées sur de longues bandes de soie ou de papier qu'ils suspendent aux murailles des monuments religieux, des palais et des habitations particulières. A l'exception du bronze qui n'est point à précisément parler de la sculpture, mais la combinaison de deux opérations successives, le modelage et la fonte, la sculpture chinoise est à peu près nulle ; on peut s'en rendre compte en présence des idoles de bois, bariolées de vives couleurs, rapportées par M. Emile Guimet et exposées au Trocadéro. Nous consacrons d'ailleurs plus loin une étude d'ensemble à l'art *chinois* (V. ce mot). Les Chinois ne pratiquent pas davantage la gravure en médailles (leur monnaie est fondue et non frappée) non plus que la gravure sur pierres fines ou camées, ni la gravure en noir — burin, eau forte, bois, — ni la lithographie.

En fait d'art, à peine pouvons-nous citer quelques aquarelles décoratives, représentant des paysages et des oiseaux, exécutées sur papier de riz. Disons en passant que le papier ainsi nommé est fabriqué avec la moelle déroulée d'une plante, l'*aralia papyrifera* qui n'a rien de commun avec le riz. « Le papier chinois est si fin, si doux, disent MM. Clovis Lamarre et de Pontpertuis, d'après une notice aux Missions catholiques, envoyée par le R. P. Roger, missionnaire, qu'on a cru longtemps, en Europe, qu'il était fait avec de la soie. Mais la vérité est que c'est tout au plus si, dans quelques provinces, on utilise les coques de ver à soie, à cause de leur pellicule » tandis qu'on le fabrique ordinairement avec de la paille de riz et de froment, ainsi qu'avec le chanvre, le bambou, les cocons de vers à soie, l'écorce du mûrier blanc, du pin, le rotin et certaines algues. On a pu voir au Champ-de-Mars des spécimens de ces diverses fabrications. Ceux qui nous intéressent plus spécialement sont les papiers de tenture. Ils sortent en feuilles d'environ un pied des manufactures du Nord et particulièrement de Shantung. La surface blanchie à la craie ou au plâtre reçoit ensuite au moyen des planches gravées en relief des dessins tantôt colorés avec l'orpiment, l'oxyde et l'acétate de cuivre, les oxydes de fer, le vermillon très renommé, les bleus de Prusse et de cobalt, ou couleurs minérales, et le safran, le curcuma, le carthame, la garance, le vert de Chine, en couleurs végétales, tantôt simplement décorés de dessins blancs obtenus avec de la céruse pulvérisée ou de la poudre de stéatite et rendus brillants par un léger polissage; tantôt encore dorés, argentés ou cuivrés. Le papier dit « grand rouge » coloré au carthame est spécialement affecté aux cartes de visite. Le papier de coton est employé en guise de vitres de fenêtres.

La fabrication du tse-kien ou du *papier de riz*, disent les auteurs cités plus haut, est particulière au pays de Y-ching, dans la province de Kiang-Sou. On détrempe la paille dans un réservoir de 1 mètre de profondeur, sur 2 mètres de longueur, et 1m,50 de largeur, contenant de l'eau de chaux vive. Après dix minutes d'immersion, on tire la paille, on l'entasse et on la laisse pourrir depuis le mois de novembre jusqu'au mois de janvier. La paille est ensuite hachée, puis tassée dans un réservoir de forme cylindrique, de 2 pieds de profondeur et de 3 mètres de diamètre, posé en pierres plates de Y-ching. Un bœuf piétine cette paille toute une journée.

« Après le lavage, le tse-kien est transporté dans un réservoir carré, profond de 1 mètre et large de 2 ; la matière brute y est délayée dans de l'eau, puis clarifiée. On la retire alors du bassin, et l'on fabrique le papier. L'ouvrier plonge dans le bassin où la pâte est détrempée un petit treillis en bambou, de la grandeur de deux feuilles, et il applique par dessus un autre treillis de même dimension. L'eau dégoutte, et, en une minute, deux feuilles de tse-kien sont fabriquées. Les dimensions ordinaires d'une feuille sont de 60 centimètres en longueur et en largeur, et de 3 millimètres d'épaisseur. On fait sécher, au soleil, les feuilles de tse-kien, pendant un jour ou deux. Un ouvrier peut en fabriquer de 7 à 10 *té* par jour. (Le *té* équivaut à 100 livres.)»

L'industrie du verre, quoique connue en Chine depuis seize cents ans, n'y a jamais pris de développement. C'est seulement depuis quelques années que, dans les ports en contact avec les Européens, l'on commence à substituer le verre à vitres au papier en usage dans le Nord, aux écailles d'huîtres en usage dans le Sud et à la porcelaine commune. Il semble que le plus sérieux emploi du verre en Chine, ou du moins des poudres minérales, ait été la fabrication des émaux cloisonnés dont nous parlerons tout à l'heure.

Si nous tenions à trouver quelque excuse à l'abstention du gouvernement chinois, à son éloignement pour les mœurs de l'occident, nous en trouverions une, comme artiste, dans la déplorable influence que les formes de notre ameublement ont exercée sur le goût des fabricants du Céleste Empire. Rien n'est plus gauche, plus lourd, plus disgracieux que ces essais d'application des bois et des étoffes de Chine au mobilier européen. Détournons nos regards de ces monstruosités pour admirer dans cette classe de l'exposition non l'architecture des meubles mais la beauté du travail décoratif. C'est de Ningpo et de Canton que sortent les meubles les plus célèbres. Les bois employés de préférence sont le buis, le tremble et une sorte d'acajou qui, au travail, prend l'apparence de l'ébène, et de rouge devient noir. Ces bois sont criblés de sculptures fouillées avec une patience et une adresse qui tiennent du prodige et compensent par leur légèreté la rigidité excessive des lignes générales, égayée encore par une couverte de laque rouge. On aura remarqué notamment un fort beau lit de proportions considérables qui constitue à

lui seul toute une chambre à panneaux et compartiments sculptés à jour et comme ciselés par la main la plus souple. Cette pièce capitale a été achetée par Mme la princesse Mathilde et, par conséquent, restera en France. Les artistes de Ningpo décorent volontiers le bois sculpté avec des incrustations d'ivoire ou de bois coloré ; ceux de Canton qui travaillent de préférence le bois noir y appliquent des marbres blancs ou diversement colorés et veinés, quelquefois même des plaques en cloisonné et en porcelaine ; les vides sont garnis de panneaux d'étoffes peintes ou brodées sur soie, ce qui n'est pas un grand luxe dans un pays où la production de soie est si abondante que tout Chinois, à moins qu'il ne soit des plus pauvres, peut s'en vêtir. Quelques lits affectent une forme cylindrique disposée pour recevoir le moustiquaire. Paravents, guéridons, tabourets, étagères, bibliothèques fabriqués dans les belles et durables matières coudoient ici les meubles légers en bambou et en rotin, excellents pour les pays chauds.

C'est la Chine qui a inventé la céramique. Après deux mille ans de fabrication c'est un art qui, à en juger par ce qui nous est montré, a subi la douloureuse loi des choses de ce monde et est arrivé à sa pleine décadence. Il suffit de comparer les produits modernes aux anciens pour constater que les céramistes chinois ont perdu le secret de beaucoup de couleurs célèbres et celui de la finesse des formes. La manufacture impériale et d'innombrables fabriques continuent cependant à produire une quantité toujours croissante de porcelaines dégénérées, faites à la hâte pour répondre au besoin croissant des demandes locales et de l'exportation. De là cette foule de ventes à l'encan qui se succèdent chaque hiver dans nos capitales européennes et surtout à l'hôtel Drouot, où les amateurs novices viennent faire collection de porcelaine de pacotille qui témoigne plutôt en faveur de la qualité de leur bourse que de leur goût. Il n'y avait donc d'intéressant dans cette classe du pavillon chinois que les pièces d'ancienne fabrication provenant de la manufacture impériale de Kingtêh-chên. — V. CÉRAMIQUE, § *Histoire.*

Pour nous, qui voyons les choses à de si lointaines distances et dans la pénombre où nous laisse notre ignorance presque complète sur ces extraordinaires reculées de la civilisation, la surprise est toujours nouvelle lorsque nous voyons le génie des populations immenses qui occupent le vaste territoire asiatique différer sur certains points d'une façon si complète. Pourquoi l'Inde et la Perse sont-elles de toute éternité historique, les souveraines dominatrices de l'industrie des tapis et tapisseries. Pourquoi cette industrie ne s'est-elle pas alimentée en Chine, pourquoi pas au Japon ? C'est un de ces phénomènes dont la loi nous échappe ainsi que tant d'autres. On ne saurait, en effet, l'attribuer à la différence des climats. En raison du climat, le nord de la Chine fabrique d'excellents tapis en poil de chameau à haute laine, fort chauds, fort solides et de toutes dimensions à dessins géométriques bruns, ou bleus sur fond blanc, qui constituent un facile ornement sans caractère esthétique. Dans la même région aussi, où les chaleurs sont très fortes, on fait usage de nattes fabriquées avec les écorces du sorgho blanc et du sorgho rouge ce qui permet de varier et combiner naturellement les deux tons. Mais tapis de laine tissée du centre, nattes de jonc, de roseau ou de rotin employées dans les provinces méridionales, cela ne relève en rien de l'art, bien qu'un grand nombre soient teintes ou ornées de dessins en couleur. Ces nattes d'ailleurs sont un objet considérable d'exportation pour New-York et San-Francisco et depuis quelques années pour la France même, comme en témoignent les prospectus de nos grandes maisons de nouveautés.

Il n'y a en Chine d'autre orfèvrerie sérieuse que l'art du cloisonné. Nous n'attachons pas d'importance aux mêmes objets, fleurs et ornements, en filigrane d'argent de Formose, aux noix de coco doublées d'argent ou d'étain de l'île de Hainân, aux coupes, vases, boîtes en argent repoussé fabriqués à Canton sur des modèles européens. Les émaux cloisonnés, au contraire, ont été une des plus belles formes d'art du génie chinois et sont encore un élément industriel et commercial très recherché. Cependant, il faut bien le dire, les peintres d'émaux ont absolument perdu les jaunes, les rouges et les bleus de la dynastie des Ming. Les cloisonnés modernes paraissent plus séduisants aux regards inexpérimentés, parce qu'ils chatoient davantage, parce qu'ils ont plus de fraîcheur ; mais outre qu'ils ne possèdent pas la puissante et riche harmonie des anciennes pièces, elles n'en ont pas non plus l'inappréciable résistance à l'action destructive des siècles. En peu d'années la surface en est altérée.

La joaillerie et la bijouterie, ces proches parentes de l'orfèvrerie, jouent en Chine un rôle assez grand dans la toilette non seulement des femmes, mais aussi des hommes. Le Chinois, en cela bien oriental, porte des bijoux. Au fermoir de sa ceinture il enchâsse le jade ou quelque autre pierre précieuse. Ses doigts jusques et y compris le pouce sont chargés de bagues en or où apparaissent des pierres de prix, ou en bois odorant incrusté d'or et d'argent. Le devant du chapeau aux bords relevés est souvent orné d'une perle ou d'une pierre taillée en cabochon. Des perles encore et des morceaux de corail se retrouvent sur la bourse, le porte-montre, le porte-éventail et l'étui à lunette. (Les verres de lunettes sont taillés dans le cristal de roche blanc ou fumé). La mode pour les jeunes hommes riches et prétentieux est de se parer de bracelets en bois odorant, en or, en argent ; le suprême bon ton consiste à porter le bracelet d'un seul morceau de jade vert-clair. On sait que le jade est une pierre dure, compacte, tenace, qui raie le verre et même le quartz, d'une couleur tantôt laiteuse, tantôt verdâtre. Ce qui fait le prix du jade travaillé, c'est précisément la résistance qu'il présente à l'outil et son mérite absolu, la durée. Pour l'exportation, le Chinois fabrique beaucoup de menus objets sans usage dans le pays : des broches, pendants d'oreilles, colliers, porte-cartes, etc. Dans la décoration de ces objets, il fait entrer de jolies matières importées de l'Inde et des îles Philippines et finement sculptées par eux : ivoire, ambre, sandal, nacre de perle, corail, écaille, le tout d'un goût vulgaire. Ce qui est moins commun dans ces bijoux, c'est l'emploi des griffes de tigre, et d'une matière jaune ressemblant à l'ambre et qui provient de la partie supérieure d'un bec de grue. De fines mosaïques en plumes bleues de martin-pêcheur sont d'un joli effet dans leur monture d'or et d'argent.

Puisque nous nommons ces métaux précieux, il n'est pas superflu de dire ici que, en vertu d'une loi de l'empire, l'or et l'argent des orfèvres n'ont pas d'alliage. Le métal plus mou s'use plus vite et à poids égal coûte plus cher que le nôtre.

Nous retrouvons l'emploi du jade au sommet de cette échelle de menus objets qui appartiennent autant au mobilier qu'à la tabletterie et à la bibeloterie : écrans, petits vases, coupes, bols, assiettes, petits modèles de pagode. Mais on y trouve aussi des matières de moindre prix employées avec une fantaisie un peu uniforme, mais charmante : l'ivoire, le sandal, l'écaille, sculptés, tournés, ciselés avec une délicatesse exquise et faisant des œuvres précieuses d'ustensiles d'usage banal : peignes, pipes, étuis, boucles, boîtes, tabatières décorées de fleurs, d'insectes, d'animaux, de figurines d'un goût charmant. On fait à Péking de spirituelles et ingénieuses imitations d'insectes en terre peinte montée sur fil de fer qui atteignent au trompe-l'œil : araignées, scorpions, cigales, criquets, et aussi une quantité de petits jouets en terre cuite et en bois peint, des papillons en papier les plus jolis du monde ; des figurines en argile peinte imitant à ravir toute la mimique du visage humain.

Ce que nous avons dit de la céramique et des cloisonnés, il nous faut hélas ! le répéter à propos des bronzes.

Après avoir été les premiers fondeurs et ciseleurs en bronze, les Chinois ont laissé ce bel art tomber en décadence. Ils ne savent plus fondre les grandes pièces ni fabriquer les niellés d'argent. Il faut se contenter des petites fantaisies, coupes, éléphants, crabes, lézards, lions, buffles, hippopotames, oiseaux, vaches, canards, idoles de toute sorte ; tout cela agréable encore mais dégénéré de sa perfection première. Il en est de même des laques qui furent si beaux autrefois et qui sont devenus aujourd'hui objets de pacotille. C'est que le laque pour être amené à son point de beauté absolu exige des manipulations très lentes, très longues, très minutieuses, par conséquent un temps énorme. Maintenant au lieu de ce patient travail d'une matière première admirable et rare, on fabrique pour l'exportation des laques rapidement exécutées avec des huiles végétales inférieures. Rien n'était doux au regard, résistant à l'usage comme les anciens laques noirs à dessins d'or ou or sur or. Maintenant les laques noirs de Canton, les laques rouges de Forchow restent de jolies œuvres industrielles mais ne sont plus des œuvres d'art.

Dans la filature du coton et son tissage, qu'ils pratiquent de temps immémorial, les Chinois nous empruntent quelques-uns de nos procédés et quelques parties de notre outillage, mais le rouet dont se servent les femmes, car la filature de coton est en grande partie, chez les Chinois, une industrie féminine, est, d'après R. P. Desjarques, missionnaire jésuite, d'une extrême simplicité. « Trois fuseaux sont disposés sur le haut d'une tige verticale, à laquelle une roue est fixée ; un peu au-dessous de son milieu un liseré de cuir embrasse les fuseaux et la roue ; une verge part des rayons de celle-ci et repose par son centre creux sur un pivot à tête mobile. La fileuse étant assise, elle pose ses deux pieds sur la verge et, par un mouvement de bascule, fait à volonté mouvoir la roue dans un sens ou dans un autre. Trois boudins sont insérés entre les doigts de la main gauche et gouvernés par le pouce ; la main droite est armée d'une baguette afin de diriger et de soutenir les trois fils qui se tordent ainsi spontanément (1). »

Bien que la Chine fabrique des cotonnades, des toiles de toute sorte (peu de laine), c'est en étoffes de soie qu'elle est le plus riche. Elle a trouvé pour cet admirable tissu une gamme de couleurs de teinture que l'on peut dire infinie et pour ces couleurs des noms d'une poésie délicieuse : rouge de pêche double, blanc de ventre de poisson, neige rosée, flamme fumeuse, rose de beauté, lune fleur de pêcher, vert de lac, etc. Ces satins et ces soies magnifiques sont dans leurs emplois de luxe trop souvent gâtés par des broderies très habilement faites, mais d'un choix de couleurs criard qui les dépare. On les applique au mobilier, aux éventails, aux écrans-parasols et aux costumes de l'homme aussi bien que de la femme. Nous n'avons pas à insister sur la forme des costumes. Ils sont à peu de chose près les mêmes pour les deux sexes, ne différant que par le plus ou moins d'ornementation et tout le monde connaît ce rapide ajustement du pantalon étroit, de la courte chemise et de la longue robe flottant sur le tout, recouverte elle-même d'une robe de dessus à mi-corps et d'un large collet.

Industries extractives. La nature n'a pas été avare de ses richesses pour la Chine. Si jusqu'à ce jour elle n'en a pas su tirer tout le parti possible, les ingénieurs européens qui depuis deux années à peine y ont pénétré et dirigent des travaux d'exploitation pour le compte du gouvernement commencent enfin à les mettre en valeur. Ainsi, seulement dans le Nord, la superficie des terrains carbonifères n'est pas évaluée à moins de 87,000 milles anglais carrés. La plupart des provinces possèdent du fer en abondance dont quelques-uns sont à peu près équivalant aux meilleurs fers de Suède. Cependant l'état des routes est si mauvais, les procédés d'exploitation sont si inférieurs que l'importation du plomb, du zinc, des fers et des aciers étrangers réalise une économie sur l'emploi des produits indigènes. La Chine a peu d'étain, par contre elle possède beaucoup de cuivre et en outre de nombreux alliages qui servent à la fabrication des articles de ménage, des gongs et de la monnaie courante, à la fonte des cloches, des canons et des bronzes d'art. On y trouve aussi le mercure et l'arsenic à l'état métallique ; ils jouent l'un et l'autre un rôle important dans l'industrie tinctoriale et en médecine ; de riches galènes argentifères dont l'exploitation est interdite, aussi l'argent employé par la joaillerie et la bijouterie provient-il de la fonte d'anciennes piastres mexicaines ; l'or est importé de Californie et d'Australie, l'or indigène étant rare. Quant aux pierres d'ornement, les Chinois apprécient peu le diamant, ils possèdent et exploitent le saphir, le lapis-lazuli, l'agate, le cristal de roche, le grenat, la cornaline, mais par dessus tout ils estiment le jade.

Industrie forestière. On peut dire que, sans être extrêmement boisée, la Chine possède toutes les essences de bois connues en Europe et un grand nombre d'autres essences spéciales. Parmi ces dernières, les seules auxquelles nous ayons à nous arrêter, parce qu'elles sont constamment utilisées par l'industrie, nous citerons spécialement le *Rhus vernicia* qui fournit par incisions ce beau suc végétal, très épais et très transpareut, nommé *laque* ; le cyprès oriental qui sert à la fabrication des cercueils magnifiques que les riches indigènes font faire de leur vivant ; l'arbre à l'huile, l'arbre à suif, l'arbre à cire, l'arbre à pain, le mûrier à papier, l'acacia féroce dont les gousses fournissent le savon indigène, le laurier camphre qui sert à la confection des caisses où l'on conserve vêtements et fourrures à l'abri de l'attaque des insectes.

Chasse et pêche. La faune chinoise donne lieu à un immense commerce de fourrures. Les plus belles sont les admirables peaux du tigre de Mongolie à fourrure épaisse et laineuse. La bête est énorme et mesure parfois huit pieds anglais du museau à la naissance de la queue. On trouve aussi l'ours du Thibet, la panthère, différentes espèces de renards et de loups, des variétés particulières de loutre, martre, belette, l'hermine, le renard bleu, le petit gris, le yack, etc. ; le musc, produit de certaines glandes d'un espèce d'antilope. Si la classe des oiseaux fournit peu de produits industriels, la pêche apporte au commerce les coraux, les coquilles à nacre, peaux de requins qui, teintes en vert et polies, prennent le nom de *galuchat* dont on recouvre les petits objets de bimbeloterie.

Produits agricoles. Outre toute la série connue des céréales, des farineux et de leurs dérivés, la Chine possède une immense variété de plantes oléagineuses, des vernis, des résines, des plantes tinctoriales cultivées avec le plus grand soin, ainsi que le tabac. Malgré le peu d'avancement de la chimie, la liste des produits chimiques et pharmaceutiques est tellement considérable que nous ne pouvons même essayer d'y faire un choix. Une longue expérience et l'observation patiente ont enseigné aux Chinois les vertus indiscutables d'un grand nombre de remèdes, tous empruntés au règne végétal et parfois aussi au règne animal. La Chine importe en Europe le musc, la rhubarbe, le poivre cubèbe, les cardamomes, le gingembre, le camphre, l'écorce de quassia, une sorte de canche, etc.

En résumé la Chine est un pays admirablement doué par la nature ; pendant une longue suite de siècles elle a pu se suffire à elle-même dans les arts et dans l'industrie, tenir la tête de la civilisation orientale, devancer l'Occident en maintes inventions du génie humain. Malheureusement elle n'a pas voulu voir le monde qui se développait autour d'elle, après avoir atteint un certain degré de culture qu'elle ne pouvait franchir sans le concours

(1) *Chine, Japon, Siam et Cambodge*, par De Toutpertuis, Degorce-Cadot, éd.

de la race blanche, elle s'est obstinément isolée des autres peuples et, ne progressant plus, a vu s'ouvrir l'ère des décadences qui atteignent infailliblement tôt ou tard les nations assez mal inspirées pour s'affranchir de la solidarité universelle. Quoiqu'elle posséde des puissantes ressources de goût et de travail, la Chine est condamnée à périr si elle persiste dans cet étroit système de politique fermée.

I. **CHINÉ.** *T. de dess. et d'imp. s. ét.* Que l'on trace l'une à côté de l'autre, une série de traits droits, en ayant soin de laisser autant d'espace libre que l'espace occupé par le trait lui-même, on obtient ce que l'on nomme un *mille-raies*. Mais si ces traits sont coupés en de certains endroits et qu'ils soient replacés au hasard l'un à côté de l'autre, il se produit un effet de blanc auquel on donne le nom de *chiné*. Celui-ci varie à l'infini, en augmentant l'espace des traits, leur grosseur, ou en variant les distances des intersections. On donne en impression le nom de *chiné* à un genre fabriqué d'une façon toute spéciale. Au lieu d'imprimer le dessin sur le tissu complètement tissé, c'est-à-dire ayant chaîne et trame, on prend d'abord la chaîne préparée suivant les besoins de l'impression, puis on y imprime un dessin quelconque et l'on termine la fabrication relative à l'impression comme si le tissu était achevé. Le dérangement et l'allongement des chaînes déplacent le dessin primitif et forment un dessin chiné (fig. 184).

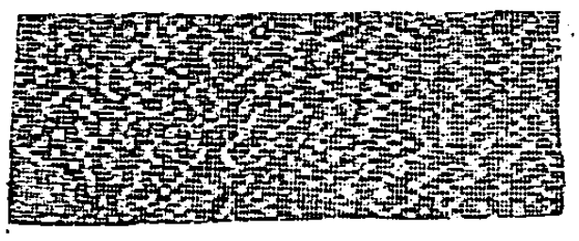


Fig. 184. — *Chiné.*

Pour obtenir ces effets, la plupart des dessins sont bons, car le chinage n'est absolument produit que par le déplacement des fils. Les opérations de l'impression terminées, on tisse l'étoffe, mais comme la trame recouvre partiellement la chaîne, il faut avoir soin de choisir pour ce genre de fortes chaînes, des trames très minces, et surtout, renforcer considérablement les couleurs.

II.* **CHINÉ.** *T. de grav.* Un chiné en gravure ne doit et ne peut avoir de *rapport*. La découverte du procédé doit être attribuée à un accident survenu pendant la gravure de *fondus*. C'est la manufacture Witz-Blech, de Cernay (Alsace), qui a produit les premiers chinés vers 1825. On suppose qu'une parcelle d'acier provenant d'une molette en s'interposant entre celle-ci et le *relief* aura mis sur la voie.

Voici comment s'exécute ce genre : sur une molette, on grave en creux un trait haché. On le transporte ensuite sur un relief, et on molette le rouleau à la manière ordinaire. Mais selon que le moleteur commence toutes ses rangées ou une partie seulement, en partant d'une même ligne parallèle à l'axe du rouleau, ou qu'il s'en écarte plus ou moins, soit en dessus soit en dessous, il produit des effets de chiné d'autant plus variés qu'on a eu la précaution de couper la ligne plus inégalement. On comprend que si les lignes, au lieu d'être aussi resserrées et aussi déliées que dans la figure 184, sont plus espacées et plus fortes, on obtiendra des effets qui n'en seront pas moins beaux. On est parvenu à faire ce genre en lignes qui se coupent perpendiculairement l'une l'autre. A cet effet, on grave un chiné ordinaire sur tout le rouleau en faisant tourner celui-ci qui entraîne la molette dans son mouvement ; quand la gravure est terminée, on rend le rouleau immobile, on fait faire un quart de tour à la molette, et à l'aide du chariot, on lui fait parcourir toute la longueur du cylindre au rouleau, sur lequel on reproduit des traits perpendiculaires aux premiers. Cette passe achevée, on fait tourner le rouleau d'une division, on fait marcher de nouveau la molette dans le sens de la longueur et l'on continue ainsi jusqu'à ce que le rouleau soit entièrement gravé. On s'explique facilement qu'il est possible d'obtenir de cette manière de petits carreaux réguliers. Que, par exemple, on grave sur une molette, quatre lignes parallèles et distantes de quelques millimètres, cette molette pourra servir à graver sur toute la circonférence du rouleau, une série de bandes linéaires parallèles entre elles, et si ensuite on rend le rouleau fixe, en faisant subir à la molette un quart de tour, on reproduira en longueur tous les traits qu'on avait tracés sur la circonférence du rouleau et les carreaux chinés se trouveront parfaitement formés.

Certains ateliers anglais s'occupent spécialement de la production de ces sortes de gravures et en approvisionnent les fabricants de toiles peintes des deux mondes.

***CHINER** (Machine à). La machine à chiner sert à imprimer une ou plusieurs couleurs sur des écheveaux. Il y a ordinairement autant de couleurs (soit une, soit plusieurs) que de blanc et alternativement. Des fils ainsi imprimés et mélangés entre eux, forment des chinés.

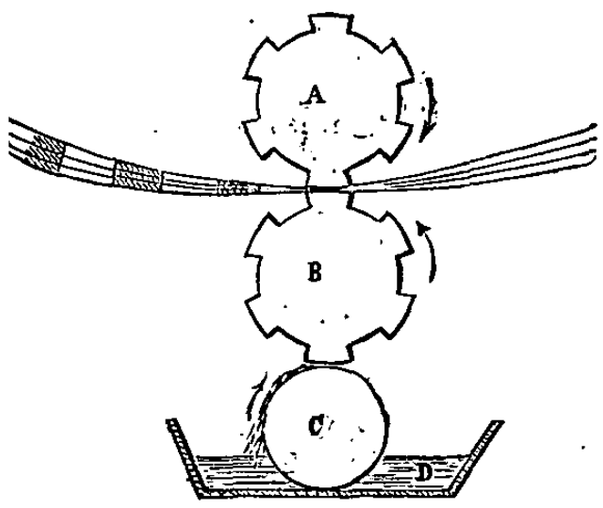


Fig. 185. — *Machine à chiner.*

Ces machines sont employées depuis un certain nombre d'années, mais leur emploi a été limité tant que l'on ne pouvait imprimer qu'une seule couleur à la fois. Voulait-on obtenir plusieurs couleurs, il fallait imprimer autant de fois qu'il y en avait. Il en résultait un certain nombre d'écheveaux défectueux par suite du manque de *cadrage* (V. ce mot). Ce désavantage avait limité la production des chinés en écheveaux.

La machine à une couleur est surtout employée en Saxe, en Angleterre, en France. Les anglais, à quelques exceptions près, sont les seuls à employer les machines à plusieurs couleurs.

La machine à chiner à une couleur se compose d'un rouleau presseur A (fig. 185). Au-dessous de celui-ci se trouve un autre rouleau B, cannelé dans le sens de la longueur. C'est cette cannelure qui forme l'impression. Le rouleau B est en contact avec un fournisseur C qui prend la couleur dans la bassine D. On fait passer l'écheveau avant d'imprimer, on le tend un peu, puis on procède à l'impression en faisant tourner le rouleau A au moyen d'une manivelle. Les autres rouleaux sont munis d'engrenages qui font mouvoir tout le système en même temps. La partie vide donne les blancs, tandis que la partie en relief donne la couleur.

La machine à plusieurs couleurs peut imprimer de une à 6 couleurs, mais pas au-delà. L'impression se fait ici au moyen de deux cylindres cannelés, en cuivre, entre lesquels passe l'écheveau.

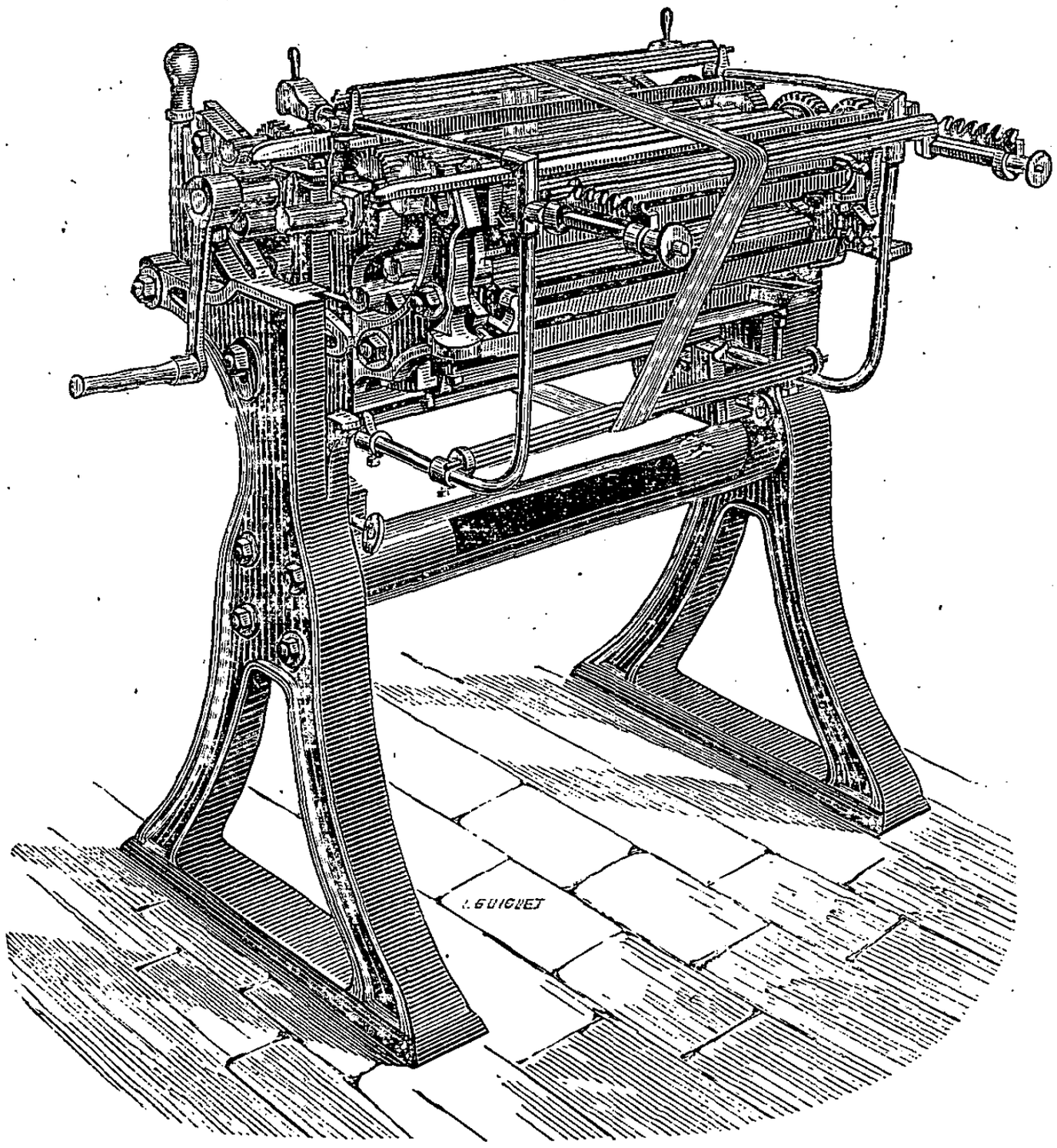


Fig. 186. — *Machine à chiner à plusieurs couleurs.*

L'écheveau reçoit l'impression, d'un seul côté ou des deux, suivant le nombre de couleurs. Chaque rouleau est en communication avec trois fournisseurs qui prennent la couleur sur un rouleau de bois plongeant dans une bassine en cuivre. Les rouleaux imprimeurs sont cannelés suivant les chinés que l'on veut produire, d'où il s'en suit que pour chaque chiné il faut un autre jeu de rouleaux et de fournisseurs.

Supposons que l'on veuille imprimer les six couleurs suivantes : rouge, bleu, jaune, noir, vert, grenat. L'un des rouleaux imprimeurs est cannelé de façon à produire rouge, jaune, vert, c'est-à-dire laissant un intervalle entre chaque couleur, intervalle dans lequel viendront prendre place alternativement bleu, noir, grenat. Le premier fournisseur du premier rouleau, soit rouge, n'a d'autres cannelures que celles correspondantes aux cannelures rouges du rouleau imprimeur, le second fournisseur, soit celui pour le jaune, n'a de cannelures autres que celles correspondantes aux cannelures jaunes du rouleau imprimeur et ainsi pour les autres. Par un mécanisme ingénieux, les cannelures des deux rouleaux imprimeurs — quand il y a plus de trois couleurs — n'arrivent pas simultanément en contact, sans cela, l'impression serait défectueuse. Pendant que la cannelure de l'un des rouleaux imprimeurs fournit la couleur sur l'écheveau, la partie correspondante de l'autre est vide et sert

de presseur et vice versà. Les deux cylindres impriment alternativement.

La machine est divisée en deux parties, c'est-à-dire que l'un des rouleaux imprimeurs avec ses trois fournisseurs accessoires, etc., est adapté au bâti et est fixe, tandis que l'autre est mobile et peut être avancé ou reculé pour permettre l'introduction de l'écheveau à imprimer. Pour imprimer on opère de la façon suivante: on écarte le côté mobile, on y introduit l'écheveau qui se trouve ainsi entre les deux cylindres. On le tend au moyen de petits rouleaux placés à la partie supérieure et au bas de l'appareil. On rapproche la partie mobile. Le second rouleau imprimeur est engrené avec le premier. On a préalablement garni de couleur les bassines et engrené les fournisseurs avec leur rouleau respectif. On fait mouvoir la manivelle jusqu'à ce que l'écheveau ou les écheveaux — car on en met plusieurs l'un à côté de l'autre — aient passé. On desserre la machine, on enlève et on sèche. En opérant ainsi, l'écheveau reçoit trois couleurs d'un côté et trois de l'autre. La fourniture jusqu'à présent a été trouvée suffisante par la consommation. Si l'on tient essentiellement à avoir le fil bien garni, on ne peut imprimer que trois couleurs, mais alors chaque rouleau imprimeur est placé de telle sorte que les deux couleurs correspondantes s'impriment simultanément. Quand les bandes sont très larges, on a soin de les chapeauder, c'est-à-dire de les garnir de feutre pour que la couleur soit plus fournie (fig. 186). — J. D.

***CHINEUR.** *T. de mét.* On donnait autrefois ce nom à l'ouvrier qui exécutait les dessins destinés à produire les chinés. Aujourd'hui, c'est le nom de l'imprimeur des chinés ou de celui qui prépare les écheveaux pour la teinture en chinage.

CHINOIS (Art). Le génie pratique est le seul qui, aux yeux des Chinois, ait quelque valeur ; ils sont trop positifs pour aimer les arts à notre façon. Ceux-ci ont été poussés assez loin dans le sens utilitaire et industriel, mais une étude approfondie a démontré que les arts plastiques et le beau absolu sont des idées incomprises en Chine.

Pour bien se rendre compte de l'art chinois, dont le Musée Chinois, au Louvre, contient des produits si intéressants, il est bon de remonter aux sources et de suivre un ordre méthodique.

Architecture. L'architecture chinoise a conservé, depuis les temps les plus reculés, des caractères qui la distinguent de celle des autres peuples. Qu'il s'agisse d'une tour, d'un kiosque, d'un pavillon, d'une pagode ou d'une maison de bambous (fig. 187) l'architecture chinoise ne s'inspire guère que d'un seul type. Néanmoins, avec ses motifs variés, sa décoration pittoresque, ses toits en forme de cuvier renversé, ses auvents concaves et se retroussant en projections courbes, l'architecture chinoise flatte l'œil. Elle est légère, coquette ; mais elle laisse en définitive l'impression d'une chose plutôt bizarre et quelque peu fantastique que d'une chose gracieuse.

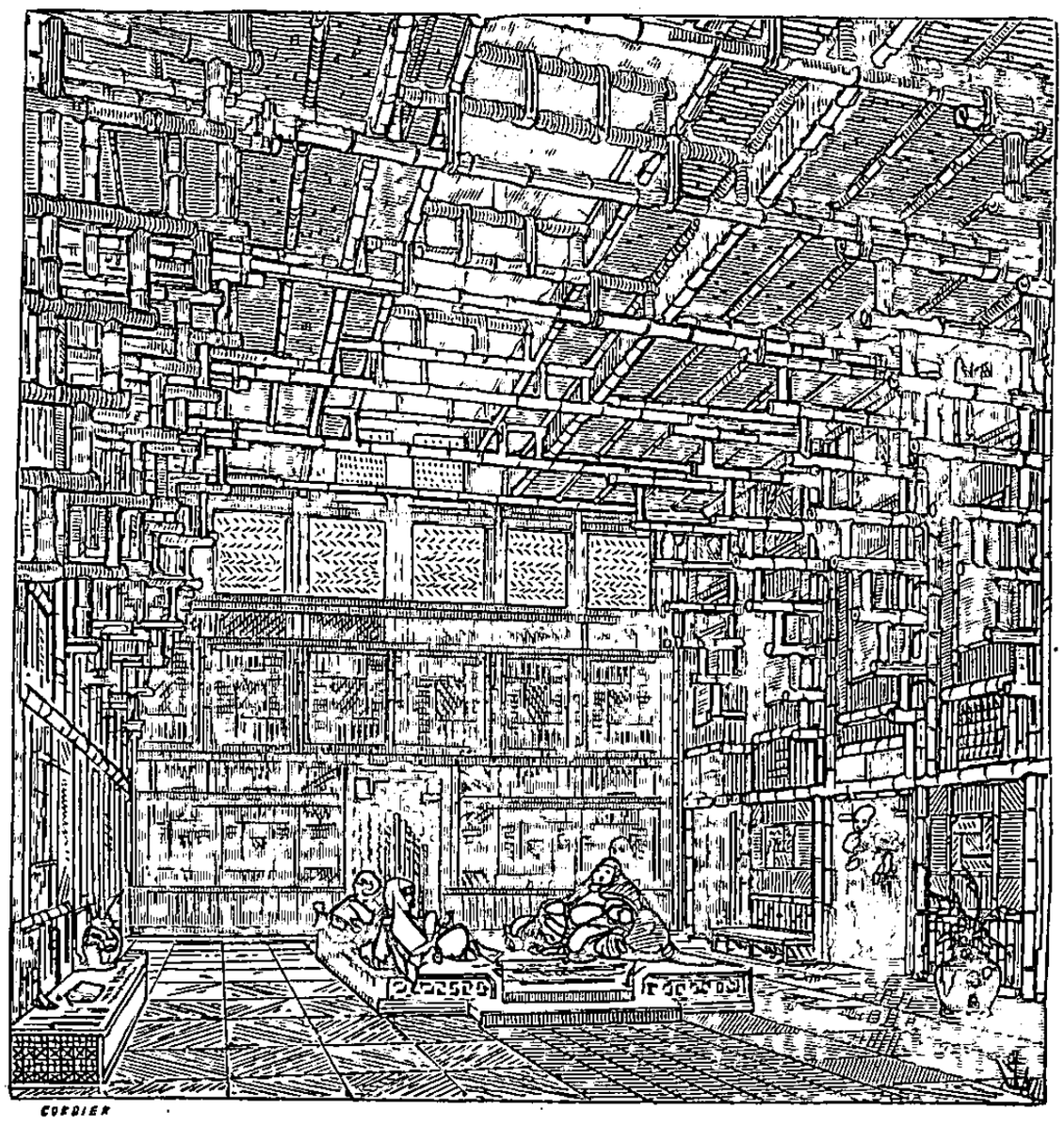


Fig. 187. — *Chambre intérieure d'une maison de bambous, en Chine.*

Sculpture. Quoique les sculptures connues de la Chine ne remontent pas aux premières époques de cet antique pays, on est cependant autorisé à placer l'art de la sculpture chinoise parmi les plus anciens. Quelques sculptures sur granit, sur marbre, représentant des sujets de la religion sintoïste (de *Sinto*, doctrine des sages), forment à peu près tout ce qui reste de la sculpture de l'antiquité chinoise.

Parmi les sculptures modernes, exécutées en glorification de la religion bouddhiste, introduite en Chine au 1er

siècle de notre ère, nous mentionnerons un curieux monument en marbre blanc, de 2m,20 de hauteur, et représentant le chien de Fô (Bouddha-Gotoma).

Aujourd'hui la statuaire chinoise est fort arriérée. Les seules statues connues sont les idoles en bois laqué et peint, et quelques grossières représentations d'hommes et d'animaux en pierre à l'entrée des cimetières impériaux ou mandarinaux.

La Chine, en effet, ne produit guère que des *magots*, magots beaucoup plus variés qu'on ne le croit, d'attitudes et de physionomies, caricatures parfois très spirituelles et dénotant une grande finesse d'observation. « La statue vraiment chinoise, dit M. Paul Buchère, c'est le magot ; le magot ventru et bouffi, aux yeux obliques, au double menton, aux petites jambes cagneuses, véritable charge, en porcelaine ou en pierre, de l'habitant du Céleste-Empire. La Chine est couverte de magots ; c'est le dormeur qui semble abruti par l'opium, le méditatif au regard béat, le grondeur qui fait les gros yeux, le rieur qui se pâme délicieusement, serrant des deux mains son vaste abdomen, etc. Certes, ils ne sont pas beaux, il y en a même de tout à fait hideux ; mais que de vérités dans l'expression de ces figures ! Que de finesse d'observation dans les attitudes de ces grotesques personnages ! Que de vie et de mouvement ! Que d'art, enfin, si l'on peut s'exprimer ainsi. »

Peinture. La peinture décorative en Chine n'a pas moins été pratiquée anciennement que la sculpture. Son origine paraît même antérieure aux temps historiques, puisque l'empereur Chun, qui vivait 2,300 avant J.-C., parlait de la peinture des anciens, et qu'une remontrance adressée à un empereur renversé en l'an 2150 se plaint du goût pour les murailles peintes. Nous trouvons dans la 60e année avant notre ère la mention d'une galerie des grands hommes où l'empereur faisait placer des portraits. Enfin, dans un ouvrage paléographique chinois intitulé : *Li Souh*, qui est un recueil d'antiquités figurées, publiées pour la première fois en 1167, on voit la reproduction de peintures qui existaient du temps de l'empereur Wou-ti, de la dynastie des Liang (502-549 de notre ère), dans la salle où l'on offrait des sacrifices aux ancêtres. Ces peintures représentent en 24 pages divisées en deux parties, l'une supérieure et l'autre inférieure, les principaux souverains chinois, depuis Fouh-hi jusqu'au fondateur de la dynastie des Liang. Les personnages qui sont en marche, Fouh-hi en tête, se dirigent vers la salle du trône du fondateur de la dynastie en question. Tous à pied, à cheval, ou sur des chars, y sont figurés en silhouettes noires.

Relativement à la peinture chinoise actuelle, il est nécessaire, pour l'apprécier à sa juste valeur, d'y établir deux grandes divisions : l'une comprenant les productions de l'art indigène, sans aucun alliage exotique, et l'autre formée de certaines œuvres dues à l'imitation plus ou moins heureuse des écoles étrangères.

Cela revient à dire que la peinture à l'huile est inconnue et que ce que nous appelons tableaux ou peintures sur toile encadrée, n'est que d'importation récente à Canton et à Shang-haï, où l'on trouve quelques peintres indigènes, comme le fameux Lam-qua du *Voyage en Chine* de M. Lavollée, travaillant et faisant travailler des élèves d'après les procédés européens.

Dans la peinture vraiment chinoise, il importe de distinguer les œuvres qui exigent une certaine connaissance de la perspective de celles qui ne la réclament point. L'infériorité des artistes chinois est manifeste dans les premières : il suffit, pour s'en convaincre, de jeter les yeux sur leurs tableaux de batailles, sur leurs peintures de paysages, de fêtes et d'intérieurs d'habitations ; tous les personnages, tous les objets y sont représentés à peu près sur le même plan : on n'y remarque ni ombres ni effets de lumière ; tout y est monotone ; sécheresse complète de teintes et de contours, manque de naturel, exagération dans les poses. En outre, plutôt que de laisser invisibles les personnages du second plan, on les fait marcher au-dessus de la tête des autres, comme cela s'exécutait d'ailleurs sur nos peintures et nos vitraux du moyen âge. Une certaine verve comique se décèle cependant dans la plupart de ces tableaux, dont elle constitue à peu près l'unique mérite. Les Chinois prétendent que les objets doivent être reproduits en peinture tels qu'ils existent, et non tels qu'ils nous paraissent : de là leur antipathie pour les ombres des tableaux européens.

Ils excellent dans la peinture des fleurs, des fruits, des insectes, des oiseaux, et savent y mettre un brillant, un velouté, une finesse et une exactitude de détails à désespérer nos artistes les plus minutieux (fig. 187 et 188). Les albums dans lesquels se trouvent ainsi reproduits non seulement les travaux industriels et agricoles, les animaux et les plantes, mais encore des scènes de mœurs et de la vie intime, se recommandent également

Fig. 187. — *Fac-simile d'un tableau décoratif chinois.*

par le fini du travail et par la beauté des couleurs ; mais les attitudes des personnages manquent souvent de naturel. La teinte des chairs est toujours la même.

Les peintures chinoises d'ornement consistent en fresques dans les temples et en aquarelles sur papier ou sur soie, en bandes ou rouleaux appendus aux murs. Canton est célèbre pour ses aquarelles en couleurs vives sur le soi-disant *papier de riz*, qui n'est autre que la moelle de l'œschynomène (*œschynomene paludosa*), plante légumineuse qui croît dans les marais de Sse-tchouèn, du Kouang-si et du Fo-kiên. — V. Chine.

Quant aux dessins ou plutôt aux lavis sur papier de bambou que les Chinois exécutent à l'encre, et dont on trouve à Canton de nombreuses collections, ils sont d'une hardiesse de traits et souvent d'une exactitude remarquables. Toutes les industries du pays se trouvent reproduites dans ces collections de dessins.

Il existe à Canton, à Shang-haï et à Macao plusieurs artistes qui se sont étudiés pendant toute leur vie à imiter la peinture étrangère. Ce sont eux qui ont créé le genre bâtard que nous avons signalé plus haut, genre dépourvu du mérite de l'originalité nationale, et souvent des qualités les plus élémentaires de la peinture européenne.

Gravure. Si la peinture est restée stationnaire en Chine, la xylographie ou gravure sur bois y fut pratiquée avec succès de très bonne heure, tandis qu'en Europe ses premiers débuts datent seulement de la fin du moyen âge

(XIVe siècle). Les Chinois imprimaient effectivement déjà au VIe siècle des livres entiers illustrés de dessins gravés, ainsi que le texte, sur des planches en bois de poirier, procédé qui leur sert encore aujourd'hui.

C'est ainsi que les anciens livres chinois nous donnent la reproduction des portraits authentiques dessinés les plus anciens qui existent. Ces portraits n'ont pas, sans doute, l'expression mobile et fugitive que le modelé et le clair-obscur peuvent seuls traduire ; cependant, à défaut

Fig. 188. — *Fac-simile d'un tableau décoratif chinois.*

de la physionomie accidentelle, la physionomie habituelle, le type et le caractère empreints sur les lignes du visage, sont rendus avec une étonnante fidélité.

Mais, comme on le verra tout à l'heure, le triomphe de l'art chinois est dans ses applications à l'industrie

Céramique. La fabrication des céramiques artistiques, telles que les figurines en terre cuite vernissée pour la plupart grotesques et destinées à l'ornementation des jardins, remonte en Chine au commencement de son histoire. Quant à la poterie translucide ou porcelaine à pâte dure kaolinique dont le revêtement de la tour de Nan-king (fig. 189) détruite en 1862, offrait de si remarquables échantillons, on sait aujourd'hui, à n'en pas douter, que son origine est bien plus récente (V. Céramique).

Quoi qu'il en soit, la porcelaine ancienne surpasse de beaucoup en finesse et en beauté les productions actuelles, faites rapidement, pour répondre à la demande toujours croissante. De plus, le secret de beaucoup de couleurs fort renommées est aujourd'hui perdu. Mais si certains vases des XVIe et XVIIe siècles se payaient jusqu'à 25,000 francs, les plus beaux vases modernes sont maintenant à la portée de toutes les bourses, et la porcelaine commune se trouve dans les familles les plus pauvres.

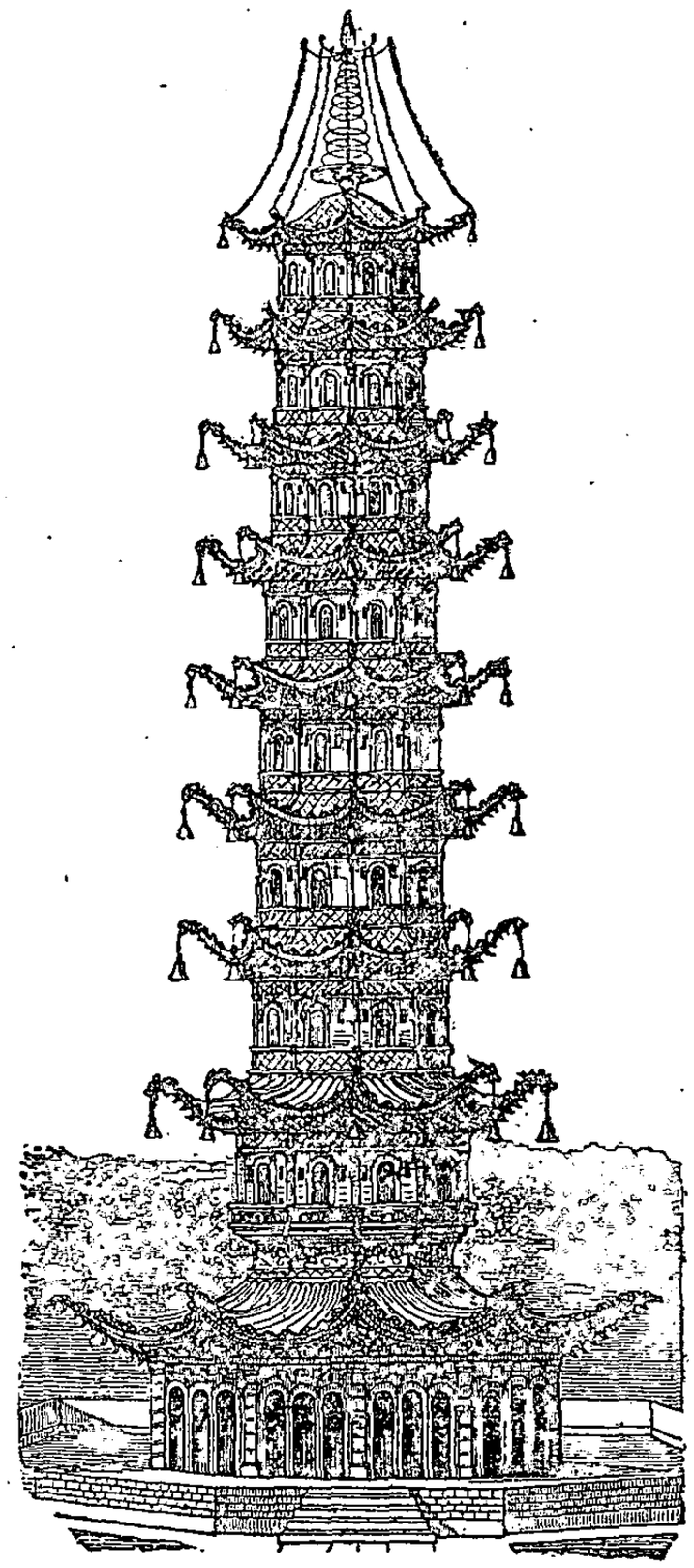


Fig. 189. — *Tour de porcelaine.*

Verrerie. Le verre, qui est un des plus anciens produits de l'Orient, serait en Chine, selon plusieurs auteurs contemporains, d'origine presque moderne.

Il suffit cependant de parcourir les Mémoires des missionnaires de Pé-king pour être convaincu du contraire. La place qui nous est réservée ne nous permettant pas de recueillir les nombreuses preuves de l'ancienneté de la verrerie chinoise, il suffira d'en citer quelques-unes.

L'ancien dictionnaire *Eulh-ya* parle du verre commun, mince et léger, sous le nom de *liéou-li* ; le *Tsi-yo* dit qu'il servait à fabriquer des perles fausses ; un très ancien commentaire du Hiao-King assure que par l'application d'un enduit on en faisait des miroirs ; enfin, selon les Annales des Han, l'empereur Wou-ti avait une manufacture

de *liéou-li*. Il est donc évident que le *liéou-li* est connu en Chine depuis deux mille ans au moins.

Le *po-li*, c'est-à-dire le verre dur usuel, était également fabriqué bien antérieurement à l'avénement de la dynastie des Taï-Thsing, car on voit dans les Annales des Soung qu'on trouva, après une révolte, dans le magasin nommé *Tong-tching*, deux grandes corbeilles de matériaux propres à faire le verre. Plus d'un siècle avant l'ère chrétienne, il y avait des verreries en Chine, et l'on remarque dans les Annales ce passage : « Au commencement du IIIe siècle, le roi de Ta-tsin envoya à Taï-tsou, de la dynastie des Oueï, des présents très considérables en verres de toutes les couleurs, et quelques années après, un verrier, qui pouvait changer au feu des cailloux en cristaux, en apprit le secret à ses disciples. »

En résumé, la fabrication du verre remonte, en Chine, au moins au IIe siècle avant Jésus-Christ ; mais il paraît qu'en tout temps elle a été considérée comme une industrie de luxe. Les verreries de Pé-king paraissent n'avoir été occupées qu'à faire des pièces de prix, des globes célestes, des paravents, de grands vases. On ne peut mieux les comparer qu'à la Manufacture de Sèvres.

Aujourd'hui les verreries se sont multipliées, mais ce n'est guère qu'à Canton. Outre la bijouterie en verre, qui comprend les anneaux ou bracelets, les pendants d'oreilles, les bagues, etc., et pour laquelle on emploie une substance vitreuse tantôt unie, de couleur opaline, tantôt nuageuse ou marbrée de vert pour imiter la calcédoine ou le jade, verres à vitres, vases, coupes à boire, flacons grands et petits, verres pour miroirs, globes, etc., tels sont les produits ordinaires des ateliers cantonais.

Orfèvrerie. Les orfèvres chinois excellent depuis fort longtemps dans la fabrication des objets en or ou en argent ciselés et travaillés au repoussé. C'est principalement dans *Old China* street, que l'on peut admirer les coupes, vases, boîtes et autres objets de formes étranges, mais ornés de dessins chinois, chefs-d'œuvre de patience dus aux habiles ciseleurs de Canton. C'est là que sont étalés tous les articles les plus capricieux des modes européennes, parfaitement imités, ainsi que les nombreuses fantaisies des modes chinoises.

Emaillerie. Tant au point de vue industriel et commercial qu'au point de vue de l'art, en fait d'orfèvrerie, la fabrication des émaux dits cloisonnés occupe en Chine le premier rang. Le nom chinois et mandchou de ces articles (*fa-lan*), et la date des plus anciens, semblent indiquer qu'ils furent importés en Chine du royaume de France, alors appelé Fa-lan-si par les missionnaires jésuites. C'est qu'en effet on trouve en Chine non seulement l'émail cloisonné, mais encore l'émail uni sur cuivre, en tout pareils à certains émaux de Limoges.

L'émail employé dans la fabrication des objets cloisonnés est exclusivement fabriqué à Poshan-hien, au Chantung, par quelques familles qui possèdent le secret des couleurs dont plusieurs sont aujourd'hui perdues, entre autres les rouges, jaunes et bleues du temps des Ming. A Foo-chow et surtout à Kiung-chow, dans l'île de Hai-nan, on fabrique des boîtes et de charmants objets en argent recouverts par places d'une mince couche d'émail semi-transparent, généralement de couleur bleue ou violette.

Bijouterie. Les Chinois font d'autant plus de cas de la bijouterie d'or et d'argent, que, chez eux, les bijoux ne sont pas la propriété exclusive des femmes ; les hommes en portent aussi (V. Bague et Bijouterie). Le fermoir de leur ceinture est souvent en métal précieux enchâssé de jade ou de quelque autre pierre de prix. L'étui à lunettes (qui sont elles-mêmes en cristal de roche blanc ou fumé), la bourse, le porte-montre et le porte-éventail, sont souvent brodés en perles et en grains de corail. On porte aussi à la boutonnière, suspendus à une chaîne d'argent, de petits instruments de même métal consistant en cure-dents, cure-oreilles, cure-ongles et un peigne à moustaches. Quant aux femmes, elles se parent d'une quantité de bijoux massifs (V. Bague, Boucle d'oreille, Bracelet) et protègent leurs longs ongles (signe d'élégance et d'aristocratie) par des doigtiers de métal précieux.

Canton fabrique encore nombre d'objets en or et en argent ciselé et émaillé ou repoussé, ornés de jolis médaillons finement sculptés dans l'ivoire, l'ambre, le sandal, la nacre de perle et le corail, toutes choses importées de l'Inde et des îles Philippines ; l'écaille vient de Formose. On emploie aussi pour ces bijoux une sorte de matière jaune ressemblant fort à l'ambre, et qui n'est autre que la partie supérieure du bec d'une grue. A Foo-chow et à Ning-po, on fabrique aussi de nombreux bijoux pour l'exportation, et on les orne de fines mosaïques bleues faites avec les plumes de deux variétés de Martin-pêcheur, l'*Alcedo hispida* et l'*Alcedo Bengalensis*. Canton, Formose et Hai-nan fournissent des fleurs et ornements du plus charmant effet.

Bronzes d'art. De même que la pierre, le granit et le marbre, le bronze sert en Chine depuis la plus haute antiquité pour les ouvrages de sculpture. Statues colossales, statuettes, vases de grandeurs et de formes variées,

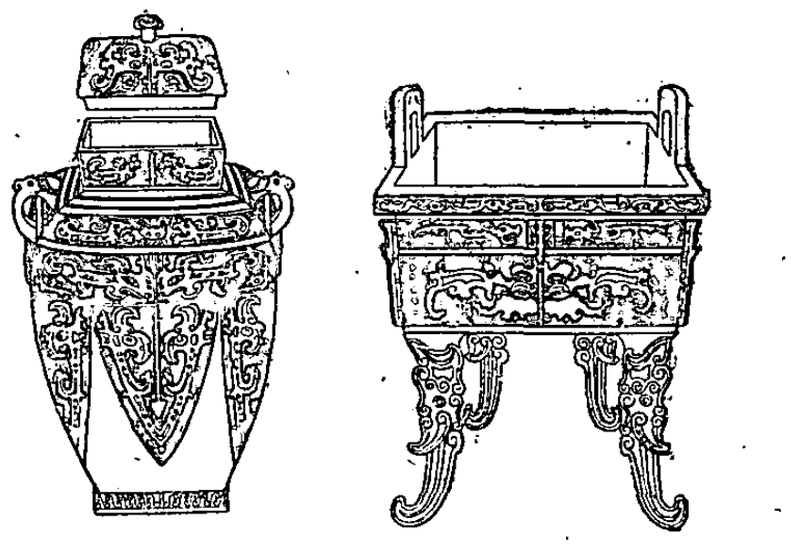


Fig. 190 et 191. — *Vases antiques en bronze.*

tout a été mis à contribution par les artistes chinois, lesquels ont atteint de bonne heure la perfection en fait de bronzes fondus et ciselés. Ces vieux bronzes, comme on sait, n'empruntent leur parure qu'à la pureté des formes, à l'élégance des reliefs ou à la patine provenant des enduits d'une épaisseur inappréciable, qui enrichissent la matière sans l'engluer. « Ces patines *lavées*, dit Albert Jacquemart, remontent très haut et semblent avoir été reprises avec une nouvelle faveur au temps du Ming. Sous cette dynastie, c'est-à-dire du XIVe au XVIe siècle, apparaissent l'enduit *rouge marron*, si puissant et si pur, et celui *nacré*, dit *aventurine*, qui a valu aux pièces qui le portent le nom de bronzes-laques. » La célèbre collection de M. Henri Cernuschi en fournit de nombreux exemples.

Mais cet art est maintenant tombé dans la décadence ; on a même, dit-on, perdu le secret de fondre les grandes pièces et de fabriquer les vases de bronze niellés d'argent. Cela explique pourquoi les vases, brûle-parfums et ornements de bronze antique sont aujourd'hui si recherchés, tant par les Chinois eux-mêmes que par les étrangers qui paient le plus souvent des prix fabuleux et calculés en raison directe de leur antiquité. Aussi les Chinois se sont-ils donné la peine au XVe siècle de publier en un gros ouvrage illustré de 24 volumes (le *Poh kou t'où*), l'histoire des vases sacrés de l'antique dynastie des Chang (1756 à 1112 av. J.-C.). Les plus beaux de ces vases, dont on possède encore quelques échantillons, furent, dit-on, fondus sous le premier empereur des Chang ; ils ont donc près de 3,500 ans d'âge. C'est dans les pagodes et chez les grands que l'on trouve ces remarquables spécimens de l'art antique, qui n'apparaissent

que bien rarement dans les boutiques des marchands (fig. 190 et 191).

Les voyageurs qui ont visité Pé-king et ses environs ont pu admirer, dans les ruines du Palais d'Eté, de fort beaux lions et une vache de bronze, et aussi une pagode dont les poutres, portes, fenêtres, etc., sont entièrement faites de ce métal. L'observatoire de Pé-king possède aussi des merveilles en fait de bronzes; l'un des instruments, formé d'une sphère armillaire soutenue par des dragons ciselés d'un travail achevé, date de la fin du XIII^e^ siècle (1279). Ces instruments, très imparfaits, furent remplacés, au XVII^e^ siècle, sous le règne de Kanghi (1662-1772) par d'autres plus exacts, fondus sous la direction des Jésuites et supportés par des dragons qui sont de véritables œuvres d'art.

Aujourd'hui les Chinois se contentent d'imiter leurs anciens bronzes, et ils y réussissent suffisamment pour les vendre à prix d'or aux collectionneurs, tant indigènes qu'étrangers. — V. BRONZE, § *Bronze chinois et japonais*.

IVOIRES. Les Chinois surpassent tous les peuples du monde dans l'art de sculpter et de fouiller le bois, l'ivoire, l'or, la corne et la nacre. Légèreté, régularité, finesse d'exécution, élégance des formes, originalité des dessins, tous les mérites se trouvent réunis dans les articles qui sortent de leurs mains; mais il faut ajouter qu'aujourd'hui les Chinois ne savent faire que leurs éternelles chinoiseries, qu'ils n'imaginent aucun sujet nouveau, et qu'ils ne peuvent exécuter d'autres ornements qu'en ayant un modèle sous les yeux. Leurs boules d'ivoire qui en contiennent depuis six jusqu'à vingt-quatre autres dans l'intérieur, sont remarquables au plus haut point pour la patience et l'habileté de la main-d'œuvre.

N'oublions pas les petits magots et les poussahs pour étagères. Certains jeux d'échecs en ivoire offrent également des figurines ayant 15 à 20 centimètres de hauteur, et dont la finesse de sculpture est vraiment admirable.

GLYPTIQUE ET LAPIDAIRERIE. Les Chinois sont aussi très habiles à tailler et à sculpter les matières les plus rebelles; ils font des petites statuettes d'hommes et de femmes en sardoine à plusieurs couches imitant les chairs et les vêtements, ainsi que des groupes d'animaux en cristal de roche, en onyx, en jaspe, en cornaline, en lapis-lazuli, etc. Ils excellent également dans la confection des bouteilles à tabac en agate qu'ils creusent avec une merveilleuse dextérité, bien que le goulot par lequel passe l'instrument n'ait pas plus de sept millimètres de diamètre; mais ce qui est encore plus étonnant, ce sont leurs bouteilles de cristal de roche dans l'*intérieur* desquelles sont gravés de petits caractères qu'on peut lire au dehors!

Le travail du jade n'est pas moins extraordinaire. Cette pierre, très commune en Chine et connue sous le nom de *yu*, varie du blanc graisseux au vert olive foncé; son poli est assez beau, mais il conserve toujours quelque chose de gras à l'œil et au toucher qui donne à sa translucidité l'aspect de l'huile figée ou de la cire. Quoique sa nuance la plus ordinaire soit le vert dans toutes les gradations, sa couleur classique est le blanc laiteux, presque opalin. Dans ce cas, sa limpidité, sa pâte si fine, le font rechercher pour les pièces de prix. Le jade vert pâle a le privilège d'être taillé en vases de toutes sortes ornés de reliefs élégants. Quelques jeux moléculaires et quelques nuages accidentent le vert un peu terne et sombre de jades également réservés pour les urnes de grandes dimensions. Mais l'espèce rare par dessus toutes, est le jade impérial, inappréciable gemme digne de rivaliser avec certaines pierres d'émeraudes, lorsqu'elle est verte, et qui, veinée de vert et de blanc, produit un effet supérieur à celui des plus riches agates.

De nombreux objets d'art en jade ont été fabriqués de temps immémorial en Chine. Non seulement on faisait servir cette matière à la confection des bijoux, des presse-papiers et des cachets ornés ou surmontés de figures, mais on en fabriquait des instruments de musique, tels que des cloches, des guitares et des flûtes.

C'est principalement dans la confection des vases de jade que brille l'habileté des anciens artistes chinois. Depuis les coupes à boire jusqu'aux brûle-parfums, tous montrent à quel degré l'art de tailler, sculpter et polir les pierres dures s'est élevé jadis en Chine. Aujourd'hui les lapidaires chinois n'exécutent plus que de petites pièces, pâles copies des originaux antiques.

AMEUBLEMENT. Pour ce qui est des meubles proprement dits, Ning-po et Canton jouissent d'une juste célébrité : l'un pour ses meubles en bois sculpté, incrustés de découpures en bois colorés ou en ivoire; l'autre pour ses meubles en bois noir, décorés des marbres blancs ou colorés des environs. L'objet le plus important d'un mobilier chinois est le lit, qui atteint souvent des proportions considérables et constitue souvent à lui seul une sorte de chambre à panneaux et à compartiments découpés à jour et ornés de transparents en gaze ou en soie peinte. Quelques-uns de ces lits, exposés à Philadelphie, furent vendus en Amérique pour des sommes variant de 15 à 20,000 francs. Ils provenaient, comme ceux envoyés à Paris, en 1878, de la fabrique du grand menuisier Sung Singkung, à Ning-po. Mais les sièges qui accompagnaient les lits exposés au Champ-de-Mars avaient, dans leur forme ovale, quelque chose du style Louis XV, et un autre ameublement de bois bruni incrusté d'ivoire, dans le style portugais, trahissait plus nettement encore le dessein de combiner les détails de l'art chinois avec les formes générales de l'art européen.

Shâng-haï et Canton exposèrent également, en 1878, de fort beaux paravents d'une exécution tout à fait remarquable; les uns étaient encadrés de bois noir, avec des panneaux en soie peinte, les autres incrustés d'ivoire ou de jade, d'autres encore en satin jaune-clair ou gris-perle parsemés d'éventails brodés de toutes formes et de toutes nuances. Les menuisiers et sculpteurs en bois de Canton fabriquent anssi nombre d'objets de mobilier, d'après des dessins étrangers, et ornés de sculptures admirablement fouillées.

N'oublions pas les meubles laqués. Canton est célèbre pour ses laques fond noir à dessins d'or; Foo-chow a plutôt la spécialité des laques colorés ou à fond brun ou vermillon. Ces derniers sont surtout remarquables par la sobriété et le goût avec lesquels ils sont ornés. Depuis quelques années les Anglais font fabriquer de charmants meubles, en laque noir ou brun, ornés de mousses et de fougères en or ou en burgau, admirablement copiées sur nature et d'un effet fort agréable. Pé-king a eu longtemps la spécialité des objets en laque rouge et vert profondément gravés; les vieux laques de ce genre ont une grande valeur. Notre figure 192 donne un aperçu d'une riche demeure chinoise.

TISSUS. Quant aux tapis, cette industrie en Chine est loin d'être à la hauteur de celle de la Perse et de l'Inde; mais les soieries et les broderies chinoises n'ont rien qui, leur soit comparable en Europe. Quelle délicatesse et quelle habileté! quel fini dans l'exécution du tissage et de l'enchevêtrement combiné des filaments préparés! quel détail inouï! quel ensemble harmonieux de tons, de couleurs et de nuances! Dans la collection Negroni, vendue à Londres, en 1866, et qui provenait entièrement du Palais d'Eté, on remarquait surtout une admirable série de crêpes de Chine, aux couleurs douces, aux nuances délicates, quelques-unes spéciales à la Chine, telles que le rose de Chine, le vert, le perlé de Chine, etc.; puis de magnifiques tentures, des tapis de satin, brochés à la main, or et soie; de grands rouleaux de satin de Chine, brochés, parfaits de composition et d'aspect, et enfin plusieurs manteaux impériaux en satin de toute nuance, jaune, jaune orange, bleu, brun, etc., brodés à la main, or et soie. Rien de plus splendide que ces belles broderies aux couleurs vives, d'une richesse inouïe!

Comme on l'a vu par ce qui précède, quelles que soient la fécondité et la souplesse du génie chinois, il manque d'élévation et a perdu à peu près aujourd'hui, en même temps que les anciens procédés, toute son originalité première. Les artistes du Céleste-Empire paraissent singulièrement enclins à l'imitation des formes européennes, et cette imitation s'étend aussi bien aux peintures qu'aux meubles, aux porcelaines et aux objets d'orfèvrerie, où le caractère national ne se retrouve plus que dans la façon restée chinoise de travailler la matière première et de représenter les figures décoratives. Nous sommes loin de penser que ce soit là, en somme, une bonne tendance et au bout de laquelle l'art chinois puisse espérer se modifier d'une façon heureuse. — S. B.

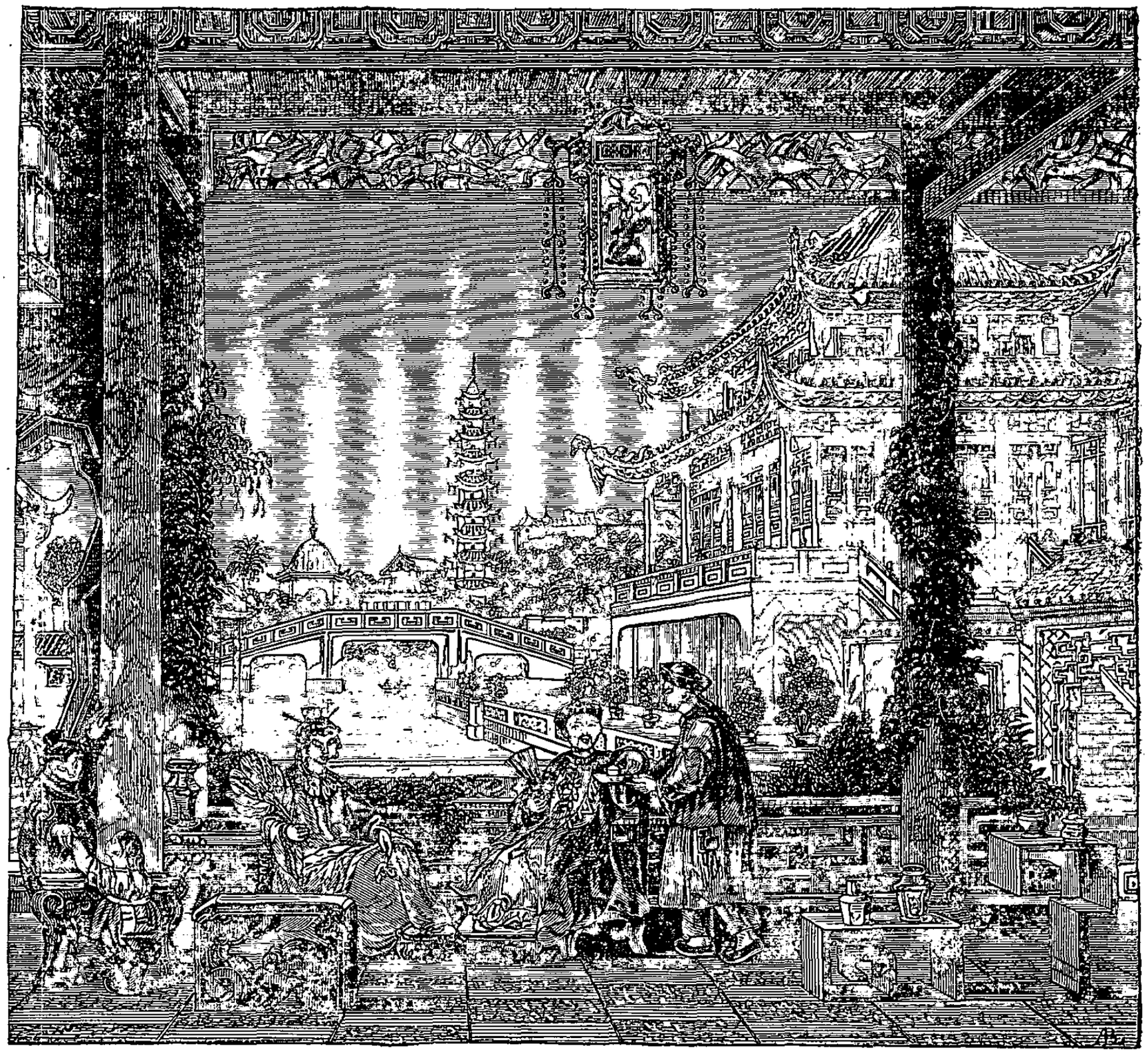


Fig. 192. — *Intérieur de la maison d'un mandarin.*

Bibliographie : Stan. Julien : *Industries anciennes et modernes de l'empire chinois ;* Alabaster : *Catalogue of chinese objects in the South Kensington Museum* (1872) ; Moret et Obalski : *Histoire populaire de l'Art (Chine)* (1882) ; Natalis Rondot : *Etude pratique du commerce d'exportation de la Chine* (1848) ; Commission chinoise : *Catalogue spécial de la collection exposée au Champ de mars* (1878) ; S. Blondel : *Le Jade, étude historique, archéologique et littéraire sur la pierre appelée* yu *par les Chinois* (1875) ; G. Pauthier : *Chine ancienne* (1837) ; *Mémoire sur l'antiquité de l'histoire et de la civilisation chinoises, d'après les écrivains et les monuments indigènes* (Journal asiatique, 1867) ; Davis : *La Chine* (1837) ; Lavollée : *Voyage en Chine* (1852) ; A. Haussmann : *Voyage en Chine* (1848) ; A. Poussielgue : *Voyage en Chine et en Mongolie* (1866) ; Grosier : *De la Chine*, etc. (1818) ; De Negroni : *Souvenir de la campagne de Chine* (1864) ; Lamarre et de Fontpertuis : ***La Chine et le Japon à l'Exposition universelle*** (1878).

***CHINURE.** *T. techn.* Aspect d'une étoffe chinée, résultat du chinage.

*** CHIO.** *T. de métall.* Paroi antérieure du creuset d'un fourneau d'affinage dans laquelle on a pratiqué un trou pour opérer la coulée du métal en fusion. On donne le même nom à la plaque qui forme ou recouvre la paroi. || *T. de verr.* Pièce que l'on fixe, avec du ciment ou du mortier, à l'ouverture du four de glacerie.

***CHIOLITHE.** *T. de minér.* Fluorure double d'aluminium et de sodium, plus riche en sodium et aluminium que la cryolithe. La chiolithe, espèce rare, plus aisément fusible que la cryolithe, a une densité qui varie de 2,7 à 3 ; elle se trouve principalement à Miask (monts Ourals) dans un gisement de cryolithe enclavé dans le granite contenant de la fluorine, de la topaze. Elle peut servir aux mêmes usages que la *cryolithe*.

***CHIPAGE.** Méthode de tannage à laquelle on a renoncé, pour les grosses peaux du moins ; elle consiste à coudre deux peaux ensemble après qu'elles ont subi le travail de rivière, en laissant une ouverture de 30 centimètres environ pour y faire entrer de l'eau et du tan, c'est-à-dire en faisant de ces deux peaux une sorte de sac dont le contenu est un jus tannique ; une fois ces sacs remplis on les met dans une cuve contenant un jus également fait d'eau et de tan et de façon à ce que les peaux soient entièrement baignées ; elles subissent ainsi l'action tannante d'un jus intérieur et extérieur. Le chipage ne se pratique plus guère que pour les petites peaux de mouton et de chèvre et encore dans quelques rares mégisseries de Paris ; son usage est encore assez répandu dans quelques mégisseries du midi de la France. Pour activer l'action du tannage, deux petits tonneaux descendent alternativement dans la cuve contenant les peaux en question, ce qui donne une agitation, qui est produite plus activement aujourd'hui tout en agissant sur des plus grandes quantités de peaux à la fois par les outils dits *moulinets* et *turbulents*.

Le chipage n'est en somme que le procédé Turnbull breveté en 1844 en Angleterre, et en France en 1845 et le 3 février 1846. C'est le tannage nommé par les savants l'*endosmose* et l'*exosmose*, qui rend plus prompte l'absorption du tannin par la peau, que le tannage habituel. Mais pour les gros cuirs destinés à fournir une résistance sérieuse, on fut obligé de renoncer au chipage qui ne produisait que des cuirs mous et creux, pour nous servir des expressions techniques; le chipage, mais pour les petites peaux seulement, est encore très employé à l'étranger.

***CHIPER.** *T. techn.* Action de coudre ensemble les peaux dépouillées de leur laine, de les remplir de tan et de les fouler.

***CHIPOLAIN.** *T, techn.* Genre de peinture à la colle. On écrit aussi *chipolin*.

***CHIQUETAGE.** *T. techn.* Mettre en morceaux, déchirer avec des cardes ou autres outils.

***CHIQUETER.** *T. techn.* Mettre en petits morceaux, et *chiqueter la laine*, c'est la démêler et l'allonger avec les cardes ; on *chiquette des poteries, des pâtisseries*, en traçant sur leurs surfaces des lignes d'ornement. || Faire un semis de taches sur un fond peint en marbre.

***CHIQUETTES.** *T. de chap.* Parties défectueuses qui tombent, dans la préparation des peaux employées à la confection des chapeaux de feutre.

***CHIROGYMNASTE.** *T. techn.* Appareil destiné à exercer les doigts des élèves qui étudient le piano ; on dit aussi *chiroplaste*.

***CHIROMÈTRE.** *T. techn.* Instrument dont se servent les gantiers pour prendre la mesure de la main.

CHIRURGIE (Instruments de). La chirurgie a fait dans ces derniers temps, et fait encore chaque jour d'immenses progrès dont les chirurgiens n'ont pas seuls à recueillir la gloire, car pour être juste, il faut reconnaître qu'ils ont trouvé dans les fabricants d'instruments, surtout depuis une trentaine d'années, des auxiliaires intelligents, dévoués, et qui n'ont pas peu contribué à élever la chirurgie à la hauteur d'une science exacte.

— Dans les temps les plus reculés on constate l'intervention de la chirurgie, mais dans des termes assez vagues pour qu'on ne puisse y retrouver la description d'aucun instrument. Esculape sut, dit-on, employer avec hardiesse le fer et le feu et ses succès suffirent à le placer au rang des dieux ; Homère, dans l'Iliade, donne quelques renseignements sur le traitement des plaies pendant le siège de Troie et, plus tard, on nous dira que Denis, tyran de Syracuse, entreprit des opérations de chirurgie. Mais c'est tout et il faut arriver jusqu'à Hippocrate pour recueillir enfin des descriptions plus précises.

C'est, en effet, Hippocrate qui le premier a créé la chirurgie en coordonnant, en rectifiant, en agrandissant aussi les œuvres de ses devanciers, et à son époque on voit qu'un véritable arsenal chirurgical est déjà formé.

Bien que le père de la médecine, et pour mieux dire ici le père de la chirurgie, s'attache principalement aux doctrines, il donne encore une large place aux œuvres pratiques, et, si nous dressons la liste des instruments qu'il avait à sa disposition, nous y trouvons des appareils destinés à réduire et à maintenir les luxations et les fractures, des tiges dilatatrices, des spéculums, des clystères, des sondes, des couteaux et bistouris, des lancettes, des pinces, des instruments pour le trépan et des fers en fuseau destinés à la cautérisation. Dans bien des passages de ses œuvres, il décrit minutieusement ces instruments, se rendant compte de tous, portant sur tous son observation sagace, ne négligeant rien de ce qui peut concourir au succès.

Puis, après Hippocrate, nous entrons dans une nouvelle période qui jusqu'à Celse s'enrichira encore de précieuses découvertes. C'est principalement l'invention d'un appareil pour broyer la pierre dans la vessie, invention qui est due à Ammonius, que Celse appelait plus tard le *lithotomiste*. Cet appareil consistait en un crochet qu'on introduisait dans la vessie de manière à saisir le calcul. Ce crochet portait jusqu'au niveau du calcul, une fois maintenu, un instrument de moyen volume sur l'extrémité libre duquel on frappait à l'aide d'un marteau, jusqu'à ce que le calcul fut fragmenté. Je veux bien que cet appareil soit primitif et se ressente de l'enfance de l'art, mais n'est-ce pas là l'origine réelle des appareils si perfectionnés dont nous nous servons aujourd'hui dans la lithotritie ? Puis Celse qui modifie la scie pour les amputations, qui fait de la rugine et des ciseaux des instruments presque parfaits. A son époque le cathéter et les sondes ne différaient guère de ce qu'ils sont actuellement, avec cette seule différence que c'était le cuivre que l'on employait pour les fabriquer, et Celse vivait sous le règne d'Auguste.

A sa mort, une période nouvelle s'ouvre qui s'arrête à Galien et pendant laquelle on voit Héliodore se servir d'un trépan que l'on met en mouvement à l'aide d'un archet, Soranus d'Ephèse qui, dans le traitement des fractures, substitue autant que possible les mains des aides à des machines plus ou moins compliquées, en en simplifiant d'autant le volume et la complication, Aretée qui, pour combattre la paralysie ou le retrécissement (?) de l'œsophage, inventa la sonde œsophagienne, Galien enfin, qui sans tenir complètement les promesses qu'il avait formulées, alors qu'il n'était qu'à Pergame, et laissant à Rome la chirurgie de côté pour s'adonner aux doctrines médicales, sut encore modifier certains bandages, différents appareils de luxations, de fractures et imagina pour la fracture de la mâchoire un bandage qui porte encore son nom, bandage des pauvres ou bandage de Galien.

Puis des siècles s'écoulent sans qu'aucune découverte soit à signaler. Sous l'impulsion fatale des médecins arabes, l'instrument tranchant qu'on ne sait plus guère diriger, céde le pas aux caustiques; l'esprit d'invention s'assoupit, s'endort, et l'exercice de la chirurgie abandonnée presque toujours à des esprits d'un ordre inférieur, que la routine et l'ignorance rendaient tour à tour ou timides ou téméraires, non seulement ne progresse plus, mais abandonne encore peu à peu les errements anciens. Triste période dans les annales de la chirurgie, qui s'écoule infructueuse et stérile du ve au xive siècle! C'est alors que survint Guy de Chauliac qui donne à la chirurgie plus d'ampleur, de précision et d'indépendance, et qui concevant la dignité du chirurgien, déclare nettement et sans ambages qu'il doit être un médecin complet. Mais malgré tout, aucune découverte importante ne fut faite et bientôt la chirurgie, relevée pour un moment, retombait entre les mains des ignorants ou des charlatans, et entrait dans une ère nouvelle de décadence qu'expliquaient sans l'excuser les guerres qui à cette époque ensanglantaient l'Europe.

Cette accalmie ne fut pas heureusement de trop longue durée et avant la grande époque de la Renaissance on trouve mentionnés l'emploi des bougies de cire pour remédier à la rétention d'urine, et l'usage de l'aiguille à cataracte. On voit aussi Arculanus, professeur à Padoue (1460), imaginer des instruments pour extraire les corps étrangers du conduit auditif et combattre les rétrécissements de l'urèthre à l'aide de sondes en métal, en bois ou en cuir. J'ajoute qu'un de ses contemporains, Montagnana, de Gradi, n'inventa pas la seringue, ainsi qu'on l'a dit à tort, mais dans le fait la perfectionna de telle sorte qu'elle était presque alors ce qu'elle est aujourd'hui. La querelle entre les barbiers chirurgiens et les médecins n'amena rien de bon pour le sujet qui nous occupe, et avant Ambroise Paré je ne vois guère à signaler que l'invention d'un instrument recourbé (terlinum) destiné à dilater l'urèthre et à vaincre certaines rétentions d'urine, invention due à Mariano Santo de Barletta (1550).

Ambroise Paré, chirurgien de François Ier, releva enfin la chirurgie, la révolutionna presque en substituant à la cautérisation et à l'huile bouillante, employées jusqu'alors comme moyens hémostatiques, la simple ligature des artères, mais n'inventa d'ailleurs aucun instrument.

Dans le cours du xvii^e^ siècle, si la chirurgie ne jouit pas encore de l'estime générale qu'elle obtiendra bientôt, on doit dire cependant qu'elle pénètre partout; de nombreux ouvrages sont publiés, mais un seul instrument est inventé, le *forceps*, et encore son inventeur, Roger de Roonhuysen qui, au dire de ses contemporains, « se servait d'un levier pour terminer heureusement les accouchements laborieux », imprima-t-il une tache à son nom en faisant un secret de sa découverte.

Au xviii^e^ siècle, les chirurgiens, grâce à l'appui de Louis XIV et de Louis XV, occupent enfin le rang qui leur est dû, et Lapeyronie, chirurgien du Roi, fonde l'académie de chirurgie que la révolution de 1793 ne tardera pas du reste à abolir, malgré les services inappréciables qu'elle aura déjà rendus.

Un de ses membres les plus illustres, J.-L. Petit, imagina plusieurs instruments et entre autres son fameux tourniquet pour suspendre la circulation, appareil qui rend encore, tel qu'il a été imaginé, de grands services dans les cas d'anévrysmes ou d'hémorrhagies. Presque à la même époque, Garengeot perfectionna tellement l'instrument défectueux, presque barbare dont on faisait usage pour arracher les dents, que la clef qui est ainsi sortie de ses mains porte encore aujourd'hui son nom, tandis que de son côté, Lafaye simplifia et perfectionna les instruments destinés à l'extraction de la cataracte. C'est aussi à l'un des membres les plus fameux de cette illustre période, à Desault, que l'on doit l'intervention du gorgeret de Marchettis pour protéger les parois opposées de l'intestin dans le traitement des fistules à l'anus et l'emploi des sondes en gomme élastique qui joueront un si grand rôle dans la cure radicale des maladies des voies urinaires. En Angleterre, Scharp, mort en 1765, donna aux couronnes du trépan la forme cylindrique qu'elles ont conservé depuis; et Bromfield, vers 1780, inventa, pour la taille, son gorgeret double, dont un des côtés offre une lame tranchante, en un mot le véritable lithotome, et ses tenettes à quatre branches qu'on peut, à l'aide d'une vis, éloigner ou rapprocher selon les indications. C'est encore dans le courant du xviii^e^ siècle que furent perfectionnés les brayers ou bandages herniaires inventés par N. de Blegny en 1676 et qui doivent leur élasticité à leur ressort en fer battu. Aux perfectionnements apportés d'abord par Delaunay, vinrent se joindre ceux beaucoup plus utiles de Lequin, d'Arnaud, de Juville et surtout de Camper, et vers la même époque, Frère Jacques de Beaulieu, bien que disciple d'empirique et empirique lui-même, imaginait pour l'opération de la taille son cathéter cannelé, tandis que Frère Côme inventait d'autre part son trocart pour la ponction de la vessie et son ingénieux lithotome caché. Plus tard, Dupuytren transformait cet instrument en lithotome double et établissait les règles de la taille bilatérale.

Puis commence enfin le xix^e^ siècle, où ce qui domine est l'examen attentif, approfondi des agents dynamiques et de leur action. Il est difficile de concevoir quels progrès l'art chirurgical a faits, surtout depuis une trentaine d'années, et ceci, je répète encore ce que je disais au commencement de cet article, est dû à l'union presque intime qui s'est établie entre l'esprit du chirurgien et le dévouement intelligent du fabricant d'instruments, union sans laquelle aucun progrès sérieux et durable ne saura jamais exister!

Il est de toute évidence que la chirurgie ne date pas de notre époque, et la critique historique que nous venons de tracer en est une preuve suffisante. Nous avons vu que tous les instruments dont nous nous servons aujourd'hui, ont été imaginés depuis les âges les plus reculés et que l'arsenal dont Hippocrate nous a laissé la mémorable description renferme en somme la plupart de ceux dont nous avons à faire usage. Mais si les maladies n'ont guère varié depuis le père de la chirurgie, si les indications primordiales n'ont pas beaucoup changé, il n'en est pas de même des perfectionnements industriels qui, dans ces derniers temps, ont donné comme un essor nouveau à la science chirurgicale. Qui pourrait aujourd'hui comparer les bistouris, les pinces, les spéculums, les forceps, les seringues, et presque tous les instruments dont nous faisons usage, avec ceux dont se servaient nos devanciers, sans avoir même à remonter pour cela plus loin que les premières années de ce siècle? C'est que, en dehors du génie de certains chirurgiens presque contemporains, et du talent hors ligne développé par quelques fabricants d'instruments, les progrès de la métallurgie ont été pour ainsi dire merveilleux. Au fer, au cuivre, à l'étain, on a substitué l'acier, le maillechort. Sous la main de l'ouvrier les instruments inventés par l'esprit toujours en éveil des chirurgiens, sont devenus de véritables objets d'art et quiconque a visité assidument nos dernières expositions universelles, a sûrement encore dans le souvenir l'impression que lui ont produit les vitrines de nos fabricants d'instruments. C'est qu'à vrai dire la France tient encore le pas sur les autres nations : l'importation ne porte que sur les matières premières, tandis que notre exportation s'étend presque partout. Nous sommes tributaires de l'Angleterre pour son acier, mais c'est encore chez nous que l'on vient chercher les meilleurs tranchants.

L'Allemagne commence à se suffire, tout en fabriquant des instruments lourds et malaisés, mais l'Autriche, la Russie, l'Espagne, l'Italie, s'adressent à nous pour presque tout leur arsenal chirurgical. Dans la dernière

guerre entre la Russie et la Turquie c'est à la France que les deux nations belligérantes se sont adressées pour la fourniture de leurs ambulances. Les Etats-Unis, de leur côté, nous font d'importantes commandes, mais il faut avouer que leur industrie progresse de jour en jour et qu'un moment arrivera où nous aurons là de sérieux rivaux, non pas qu'il faille s'en plaindre, car de cette noble et loyale émulation surgiront assurément de nouvelles découvertes, de nouveaux perfectionnements qui profiteront toujours aux progrès de l'art chirurgical.

Quant à chiffrer d'une manière exacte à combien s'élève notre exportation, cela est chose difficile, mais je crois qu'elle ne doit pas être inférieure à deux millions cinq cent mille francs.

Il est aisé de comprendre, d'après la vue d'ensemble que nous venons de parcourir, qu'il serait impossible dans un seul article de décrire les instruments de chirurgie. Nous renvoyons donc aux mots qui les représentent par ordre alphabétique, pour leur description detaillée. — Dr A. B.

* **CHITRANG**. On donne ce nom dans le commerce au liber du *sponia Wightii*, qui croît aux Indes. Ce liber est brun ou blanc. En le traitant par rouissage on détruit la connexion des cellules, ce qui en fait paraître la surface comme couverte de fibres d'un aspect cotonneux.

CHLAMYDE. *T. d'ant.* Sorte de manteau des anciens qui se portait sur la tunique. La chlamyde qui était commune aux Grecs et aux Romains était de forme ronde ou ovale, quelquefois carrée, attachée avec une agrafe sur l'épaule ou la poitrine. Les Grecs les portaient en temps de paix comme en temps de guerre; mais les Romains ne s'en servaient qu'en campagne ; pendant la paix, ils remplaçaient la chlamyde par la toge.

* **CHLORAGE**. *T. d'imp. s. ét.* Le chlorure de chaux n'est pas seulement employé dans le *blanchiment* (V. ce mot), mais aussi dans la fabrication des toiles peintes. Chaque fois qu'un tissu imprimé est soumis à son action, sous quelque forme que ce soit (chlore en dissolution, chlorure à base de chaux, de potasse ou de soude, etc.), et quelque soit l'appareil employé, l'opération s'appelle *chlorage*.

— Widmer de Jouy, en 1804, essaya le premier le chlorage des genres garancés ; mais il dut abandonner ce procédé parce qu'il exigeait qu'il fut dirigé par lui-même, et que les accidents dus à l'inattention des ouvriers rendaient cette méthode trop incertaine et trop dispendieuse. Les pièces étaient passées au large dans une cuve à bouser contenant un bain de chlore.

C'est vers 1846, que trois manufactures d'Alsace, Blech, Steinbach et Mantz de Mulhouse,

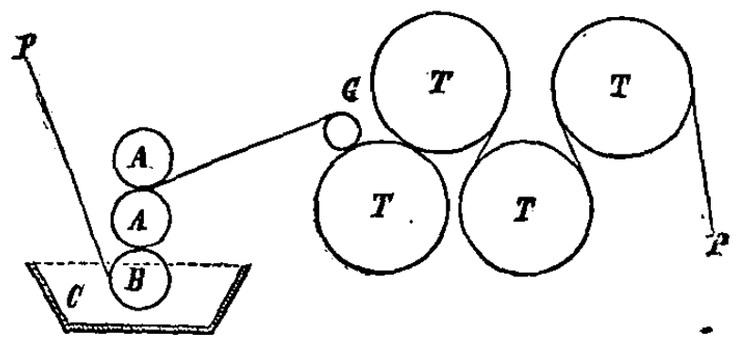


Fig. 193. — *Chlorage au tambour en plein bain.*

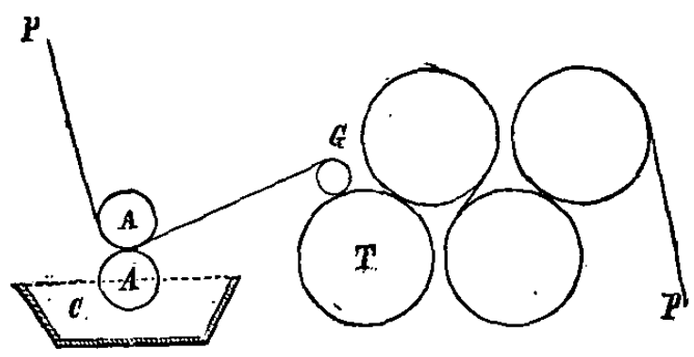


Fig. 194. — *Chlorage au tambour et au foulard d'un seul côté.*

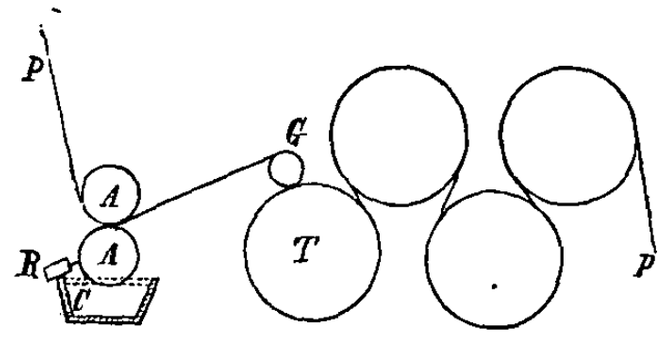


Fig. 195. — *Chlorage au tambour foulard avec râcle.*

A Rouleaux presseurs du foulard. — *B* Fournisseur du rouleau presseur inférieur. — *C* Bassine à chlore — *D* Rouleau gravé en mille points. — *R* Râcle. — *G* Roulette pour guider le tissu. — *T* Tambours à sécher. — *P* Pièce à chlorer

Schwarz Huguenin de Marschwiller, et Eck de Cernay, trouvèrent en même temps le *chlorage au tambour*. La pièce à chlorer passe dans un foulard, s'imbibe de dissolution de chlore, va sur un tambour où elle se sèche et achève de se blanchir. A cette époque, les manufacturiers n'avaient pas tous des séchoirs à vapeur, aussi essaya-t-on le chlorage au rouleau qui se fait en employant le

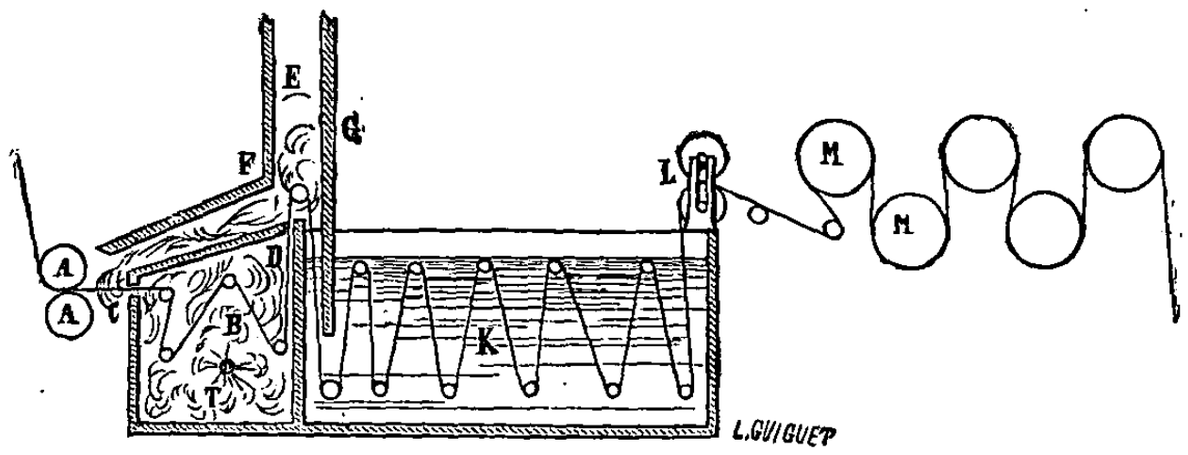


Fig. 196 — *Machine à chlorer à la vapeur.*

A Foulard. — *B* Cuve contenant la vapeur provenant d'un jet placé en T. — *C* Entrée de la pièce dans la vapeur. — *D* Sortie de la pièce de la vapeur. — *E* Cheminée aspirant la vapeur, soit qu'elle vienne de l'entrée *C*, soit qu'elle s'échappe de la sortie de la pièce en *D*. — *F* Paroi supérieure de la cheminée. — *G* Deuxième paroi de la cheminée. Ce côté plonge dans la cuve *K* et est relié aux côtés longs de cette cuve de façon à former une fermeture hydraulique destinée à empêcher la vapeur de se répandre dans le local. — *K* Cuve à laver. — *L* Rouleaux exprimeurs. — *M* Tambours. — *T* Tuyau de vapeur percé sur les côtés et vers le bas de la cuve afin que les gouttes d'eau entraînées ne puissent tacher le tissu.

chlore en guise de couleur et imprimant celui-ci sur la toile. L'étoffe passe dans la course où elle sèche. Mais ce procédé est peu avantageux.

Il est préférable de plaquer au rouleau mille points que de foularder en plein bain (fig. 193 à 195). L'expérience montre que les parties non imprimées se mouillent plus que celles qui sont teintes ; il en résulte que le chlore agit avec plus d'efficacité sur le blanc.

Le *chlorage à la vapeur*, qui date de 1850 environ, est dû aux anglais. C'est généralement aujourd'hui le premier chlorage que l'on donne, le chlorage au tambour est le dernier, lequel est donné en même temps que le bleutage.

L'opération consiste à imbiber le tissu d'une solution très faible de chlore (dans le foulard en A), l'étoffe passe ensuite dans une grande cuve B contenant de la vapeur d'eau. La chaleur humide détermine l'action oxydante du chlore et la destruction de la matière colorante adhérente au blanc. La force du bain doit être réglée de façon que le tissu ne puisse être attaqué et que l'intensité des couleurs ne souffre que d'une manière inappréciable (fig. 196).

On emploie, pour le chlorage au rouleau, le chlorure de chaux de 1/2° à 3° Baumé ; pour le chlorage à la vapeur, de 1/8 à 1/25 de chlorure à 7° Baumé ; pour le chlorage au tambour, il est difficile d'indiquer des données précises, la force du bain variant suivant les genres à traiter.

Dans la teinture des violets en fleur ou en garance, on donnait un chlorage dans la cuve à teindre, ce qui s'appelait *chlorage en cuve*. Cette opération avait un double but : blanchir le fond et en même temps fixer les mordants de fer. — J. D.

***CHLORAL.** *T. de chim.* Le chloral se forme par l'action du chlore naissant sur différents hydrates de carbone ; toutefois la seule manière pratique de le préparer en grand, est la méthode indiquée à l'origine par Liebig, c'est-à-dire l'action du chlore sec sur l'alcool.

— Le chloral a été découvert par Liebig, en 1832, en faisant agir le chlore sur l'alcool ; ce corps n'avait aucune application jusqu'en 1869, lorsque Liebreich découvrit ses propriétés anesthésiques. Dès lors une nouvelle industrie était créée et la consommation du chloral a atteint rapidement un chiffre très élevé.

Préparation industrielle du chloral. Voici comment elle s'effectue dans l'usine Schering, de Berlin : L'alcool absolu est contenu dans de grands ballons en verre, dont chacun reçoit une charge de 25 kilogrammes ; le courant de chlore sec est maintenu pendant 6 à 8 semaines sans interruption ; on opère d'abord en refroidissant les ballons et lorsque l'alcool est complètement saturé de chlore, on chauffe graduellement jusqu'à 60°, au moyen d'un courant de vapeur ; dans ces conditions, il se forme une combinaison de chloral et d'alcool, de l'alcoolate de chloral ; lorsque l'alcool cesse d'absorber du chlore, on ajoute à la masse de l'acide sulfurique concentré. On maintient pendant quelque temps la température à 60°, en agitant constamment ; la majeure partie de l'acide chlorhydrique formé dans la réaction se dégage ; la combinaison alcoolique est décomposée par l'acide sulfurique et le chloral se sépare ; on le décante et on le rectifie sur du carbonate de calcium. On obtient ainsi le chloral anhydre ; or le produit médical, étant constitué par l'hydrate, produit de la combinaison du chloral pur avec l'eau (V. plus loin), il est nécessaire de traiter le produit obtenu par l'eau ; ceci se fait en ajoutant la quantité nécessaire d'eau au chloral contenu dans de grands ballons en verre ; le liquide s'échauffe beaucoup et se prend en masse par le refroidissement. L'hydrate ainsi obtenu n'est pas assez pur pour les besoins de la médecine ; on le purifie par cristallisation. Comme dissolvant on emploie surtout les produits secondaires de la fabrication du chloral (chlorures d'éthylène et d'éthylidène) qui se forment en même temps que le chloral, par l'action du chlore sur l'alcool ; si on n'a pas de ces produits, on les remplace par du chloroforme ou de l'éther de pétrole ; toutefois les premiers sont préférables.

Constitution du chloral. Le chloral est à envisager comme de l'aldéhyde trichloré ; sa formule est $C^4HCl^3O^2$ ou $\overset{\text{IV}}{C}{}^2Cl^3\overset{\text{II}}{O}H$ (nouvelle notation). Il résulte du remplacement de 3 atomes d'hydrogène de l'aldéhyde par trois atomes de chlore

$$CCl^3-C\begin{matrix}=O\\-H.\end{matrix}$$

C'est un liquide incolore doué d'une odeur piquante qui n'est pas désagréable ; il bout sans décomposition à 99,6° sous la pression de 760 millimètres. Son poids spécifique est égal à 1,502 à 18°.

Réactions du chloral. Soumis à l'oxydation, le chloral donne de l'acide trichloroacétique $\overset{\text{IV}}{C}Cl^3-\overset{\text{IV}}{C}\overset{\text{II}}{O}^2H$. Les alcalis le décomposent rapidement ; chauffé avec la potasse aqueuse, il donne du chloroforme et du formiate, d'après l'équation :

$$\underset{\text{Chloral}}{\overset{\text{IV}}{C}Cl^3-\overset{\text{IV}}{C}\overset{\text{II}}{O}H}+\underset{\text{Potasse}}{KOH}=\underset{\text{Chloroforme}}{\overset{\text{IV}}{C}HCl^3}+\underset{\text{Formiate de potassium}}{\overset{\text{IV}}{C}\overset{\text{II}}{O}H-\overset{\text{II}}{O}K}$$

C'est même cette réaction qui donna à Liebreich l'idée d'employer le chloral comme agent anesthésique ; il admettait que sous l'influence des liqueurs alcalines de l'organisme, il se forme du chloroforme qui agit comme anesthésique ; cette hypothèse n'a pas toutefois été confirmée par l'expérience. — V. plus loin : *Action physiologique du chloral.*

Le chloral s'unit à l'eau avec dégagement de chaleur pour former l'hydrate de chloral.

$$C^4HCl^3O^2.HO \text{ (anc. not.)}$$
$$\overset{\text{IV}}{C}{}^2Cl^3\overset{\text{II}}{O}H+H^2O=\overset{\text{IV}}{C}Cl^3-\overset{\text{IV}}{C}H(\overset{\text{II}}{O}H)^2 \text{ (not. atom.).}$$

Nous avons décrit plus haut la préparation industrielle de l'hydrate de chloral qui est la forme sous laquelle le chloral est administré ; il forme des cristaux incolores qui fondent à 46° et distillent à 969-8° ; il est doué d'une odeur et d'une saveur caractéristiques. L'hydrate de chloral est très soluble dans l'eau ; ses réactions sont les mêmes que celles du chloral anhydre ; traité par de l'acide sulfurique concentré, il régénère du chloral anhydre.

Métachloral. Du chloral anhydre, qui renferme des traces d'impuretés (par exemple, d'acide sulfurique) abandonné à lui-même se transforme

peu à peu en une masse amorphe insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther ; c'est ce corps qu'on nomme *métachloral;* chauffé vers 180-250° il régénère du chloral ordinaire ; le métachloral est problablement un chloral polymérisé.

M. Limousin a obtenu du *métachloral*; en traitant 1 partie d'hydrate de chloral par 3 parties d'acide sulfurique concentré, en lavant le produit insoluble obtenu jusqu'à cessation de réaction acide dans les eaux de lavage. Ce métachloral est ensuite desséché par le chlorure de calcium et réduit en poudre fine.

Par l'action de petites quantités de triméthylamine sur le chloral, on obtient une masse blanche, différente du métachloral qui ne renferme pas d'azote. Finalement mentionnons l'action de l'acide sulfurique fumant, qui transforme le chloral en un corps cristallisé, la chloralide $C^5H^2Cl^6O^3$ (nouvelle notation). Le chloral s'unit aux alcools en donnant des alcoolates ; nous avons vu que l'éthyle-alcoolate de chloral

$$CCl^3-CH<\begin{matrix}OC^2H^5\\OH\end{matrix}$$

se forme dans la préparation industrielle du chloral.

Emploi du chloral. Le chloral est un anesthésique très employé en médecine comme somnifère, à la dose de 1 gramme 5 à 5 grammes; en de plus grandes quantités pour combattre le délire. Le sommeil qu'il produit est paisible et ne laisse pas de traces désagréables.

On l'administre principalement sous forme de capsules, de dragées, de perles ; liquéfié à 46 degrés, il est introduit sous une enveloppe gélatineuse en petites doses de 0,20, 0,26, 0,30, suivant la contenance de cette enveloppe. M. Limousin a fait connaître le *chloral perlé* à la dose de 0,25 centigrammes, par capsule dragéifiée qui facilite l'administration de ce précieux médicament, en permet le dosage exact et supprime la constriction du gosier.

Il est très employé aux États-Unis, mélangé à différentes liqueurs alcooliques. Les physiologistes l'emploient pour empêcher les mouvements volontaires chez les animaux soumis à la vivisection.

Analyse du chloral. Il est très important pour le pharmacien de pouvoir déterminer la teneur en chloral d'un produit industriel ; on y parvient très facilement à l'aide d'une méthode imaginée par MM. V. Meyer et Haffter ; elle repose sur l'action des alcalins (V. plus haut *Réactions du chloral*). Voilà comment on opère : On dissout de 4 à 7 grammes d'hydrate de chloral dans l'eau ; on additionne la solution de 50 à 60 centigrammes de soude normale et d'un peu de teinture de tournesol ; la décomposition du chloral est instantanée ; on titre l'excès de soude par l'acide chlorhydrique normal. Soit p le poids de la substance, a le nombre de centigrammes de soude normale employée, b le nombre de centimètres cubes d'acide chlorhydrique normal nécessaire pour saturer l'excès de soude restée inattaquée. La teneur en 0/0 d'hydrate de chloral pur du produit est donnée par la formule

$$x = \frac{(a-b)\,165.5}{10\,p.}$$

En effet, la molécule de soude (1000 centimètres cubes de solution de soude normale) correspond à 1 molécule d'hydrate de chloral, dont le poids moléculaire est 165.5. Si l'hydrate de chloral à essayer contient de l'acide chlorhydrique libre, il faut l'en débarrasser en agitant préalablement la dissolution avec du carbonate de chaux qui sature l'acide libre.

Production et statistique. C'est en Allemagne que la fabrication du chloral a pris le plus d'extension ; les deux plus grandes usines sont à Ludwigshafen, dans le Palatinat, et à Berlin; en général, l'impôt sur l'alcool, beaucoup plus élevé dans le Nord que dans le Sud de l'Allemagne, favorise singulièrement ce dernier pays; la presque totalité des usines du Nord ont dû successivement abandonner la fabrication du chloral, ne pouvant lutter avec leurs concurrents du Sud où la matière première se paie à un prix beaucoup moins élevé. De même, quoique le chloral paie en France des droits assez élevés, il n'existe pas d'usines qui le préparent, à cause du prix élevé de l'alcool dans notre pays; l'impôt sur l'alcool a tué cette fabrication dès que les prix du chloral se sont abaissés; il en a été de même pour la fabrication des alcaloïdes.

Il y a dix ans, l'hydrate de chloral valait de 75-85 francs le kilogramme; en 1878, il était descendu à 10 francs. On peut admettre que l'on consomme en Europe et en Amérique à peu près 50,000 kilogrammes d'hydrate de chloral par an.

Action physiologique du chloral. L'idée primitive de Liebreich qui admettait que l'action du chloral était due à sa transformation en chloroforme dans l'organisme a été abandonnée. Le chloral a une action physiologique qui lui est propre ; il se retrouve en partie inaltéré dans les urines ; une autre partie se transforme en acide urochloralique. D'après Liebreich, le chloral est l'antidote de la strychnine et vice versâ. — G. B.

CHLORATES. *T. de chim.* Nom donné aux sels qui sont obtenus par la saturation des bases au moyen de l'acide chlorique.

— Ces corps ont été découverts, en 1786, par Berthollet, qui décrivit alors leurs principales propriétés. MM. Chenevoix, Gay-Lussac, Vauquelin ont complété ces premiers travaux, et donné les caractères de ceux qui n'avaient pas été étudiés à la fin du dernier siècle.

Caractères généraux. Les chlorates sont des sels solubles dans l'eau (celui de protoxyde de mercure excepté), cristallisés, décomposables par la chaleur, en oxygène, chlore et oxydes, ou en oxygène et en chlorures ; également décomposables par les acides et fusant sur les charbons ardents. Quelques-uns détonent peu après leur préparation (celui d'ammoniaque par exemple), la plupart ne produisent ce phénomène que lorsqu'ils subissent un choc, et sont mélangés avec certains corps, tels que le soufre, le phosphore, ou certains sulfures, comme ceux d'antimoine et d'arsenic. Ce sont donc des corps qu'il ne faut souvent manier qu'avec de grandes précautions. Ces sels sont des oxydants très énergiques, qui, par suite, possèdent un grand pouvoir décolorant.

Dans les chlorates neutres, le rapport de l'oxygène de l'oxyde est à la quantité d'acide, comme 1 : 9,401, et à la quantité de l'oxygène de ce même acide, comme 1 : 5. Leur formule est

$$MO, ClO^5 .... MO, ClO^3$$

Caractères chimiques : Traités par l'acide sulfurique concentré, ils se colorent en rouge, et dégagent un gaz jaune-verdâtre, de l'acide hypochlorique, qui détone sous l'influence de la chaleur, ou dans le voisinage des charbons ardents ; par la calcination, ils dégagent de l'oxygène, souvent mêlé de chlore ; par l'iode, ils sont décomposés, surtout en présence d'un peu d'acide azotique, et transformés en iodates ; ils ne fournissent pas de précipité avec la solution d'azotate d'argent ; mais les chlorates qui se changent en chlorures, précipitent après la calcination ; ils ne possèdent pas de pouvoir décolorant, avant l'addition d'un acide minéral ; ils se distinguent des perchlorates, en ce qu'ils ne se colorent ni par l'addition d'acide chlorhydrique, ni par celle de l'acide sulfurique concentré.

Préparation. On ne trouve pas les chlorates à l'état natif. La méthode générale employée pour les préparer, consiste à faire passer à travers leurs bases dissoutes, ou en suspension dans l'eau, un excès de chlore. Certains s'obtiennent par voie de double décomposition, ou encore en saturant les bases par l'acide chlorique ; ce dernier procédé les donne purs. Dans le premier cas, ils ont besoin d'être débarrassés des chlorures qui se forment en même temps qu'eux, et dans le second, du sel autre qui s'est produit lors de la double décomposition.

Dosage. Les chlorates alcalins, ceux de plomb, de mercure, fournissant par la calcination des chlorures, on peut arriver à retrouver la quantité de chlore qu'ils contiennent, et par suite celle de l'acide chlorique, par différence ; il suffit pour cela, d'avoir recherché la proportion de métal existant dans une autre partie du produit.

On dose encore les chlorates, en se servant de la propriété qu'on leur connaît de donner du chlore, lorsqu'on les traite par l'acide chlorhydrique :

$$2(HCl) + ClO^5 = 5(HO) + I^6$$

et si l'on déplace par le chlore, dans un liquide, l'iode d'une solution iodurée, on peut doser celui-ci par l'acide sulfureux :

$$Cl^6 + 6(KI) = 6(KCl) + I^6.$$

Pour faire ce dosage, on réduit le chlorate en poudre assez fine, et on l'introduit dans un petit ballon rempli aux deux tiers d'acide chlorhydrique concentré (fig. 197). On ajuste au col du ballon un tube à boules recourbé, dont une extrémité plonge dans une cornue renversée, dilatée suffisamment pour éviter l'absorption, et contenant une solution d'iodure de potassium au dixième. Sous l'influence de la chaleur, le chlorate se décompose, dégage du chlore, lequel en réagissant sur l'iodure, met l'iode en liberté. On verse alors le liquide dans un vase à précipité, et on dose l'iode au moyen d'une solution normale d'acide sulfureux. Pour trouver le poids de l'acide chlorique, il suffit de multiplier le poids trouvé d'iode, par 0,0991.

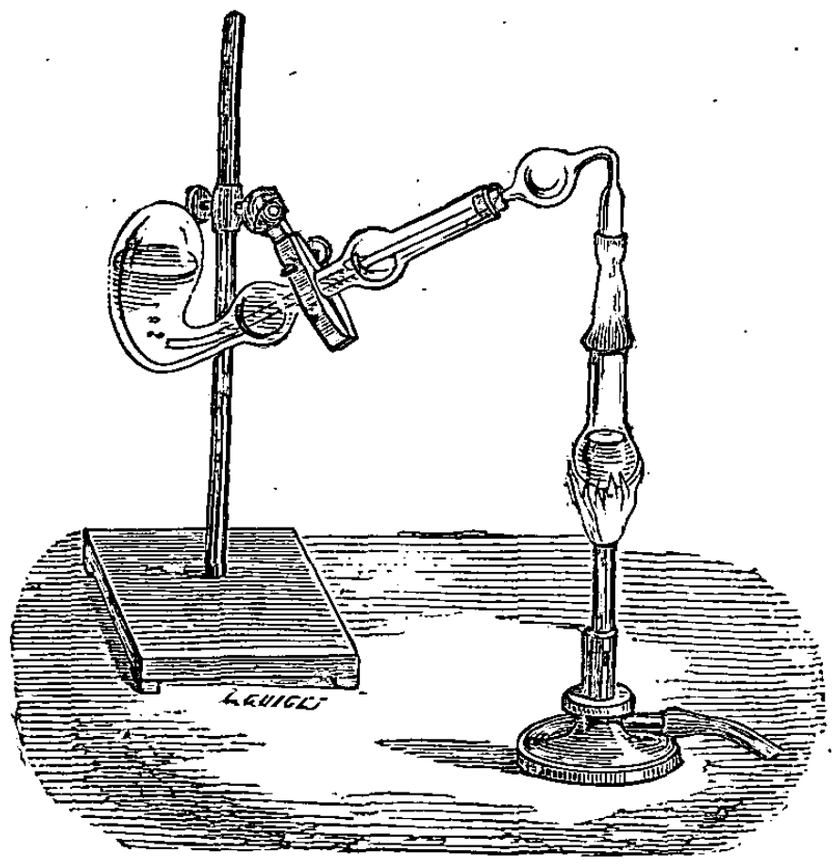


Fig. 197.

Usages. Les chlorates ayant un grand nombre d'applications nous décrirons les principaux.

Chlorate d'aluminium. $Al^2O^3, 3(ClO^5) .... Al^2O^3 (ClO^3)^3$. C'est un sel cristalisé, déliquescent, qui détone à peine sur les charbons ardents, mais brûle avec une flamme violette. On l'obtient en versant une dissolution saturée et bouillante de chlorate de potasse, ou de soude, dans une dissolution d'hydro-fluosilicate d'alumine, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité. On laisse déposer, décante et concentre la liqueur claire, pour obtenir la cristallisation du chlorate d'aluminium. Il sert dans l'industrie des toiles peintes pour confectionner certains genres.

Chlorate d'ammoniaque. $AzH^4O, ClO^5 ... (2AzH^4, ClO^3)$. Ce corps à l'état solide, est sous forme d'aiguilles déliées, très solubles dans l'eau et dans l'alcool. Il se sublime à 100°, et se décompose au-delà, en produisant du chlore et de l'oxyde nitreux. Jeté sur les charbons allumés, il détone, comme l'azotate de la même base, en produisant une flamme rouge. Ce sel doit se conserver en dissolution, car il est fort instable, et la décomposition d'un seul cristal amène une violente détonation ; sa solution aqueuse ne doit même se préparer qu'au moment du besoin, car après quelques jours, elle jaunit, s'altère, en laissant dégager un gaz qui irrite fortement les yeux et les muqueuses, puis finit par se décomposer dans les vases ouverts ou fermés, en produisant une explosion. Il est admissible que l'hydrogène de l'ammoniaque, en s'unissant à l'oxygène de l'acide, forme de l'eau, pendant que le chlore et l'azote, mis en liberté, se combinent pour faire du chlorure d'azote qui est très instable. En même temps, une autre partie de l'acide chlorique devenant libre, se décompose aussitôt en produisant de la lumière. Par l'ébullition, la solution de chlorate d'ammoniaque donne du chlore et de l'azote.

Préparation. 1° On projette du chlorate de potasse pulvérisé dans une dissolution d'hydrofluosilicate d'ammoniaque, et on agit comme il a été dit pour le chlorate d'alumine.

2° On pèse et mêle ces mêmes sels, en mettant en équivalents, les quantités nécessaires pour les décomposer mutuellement, puis on ajoute de l'eau, et évapore à une douce chaleur ; le sel cristallisé, il faut le purifier.

3° Dans les fabriques d'indienne, où l'on a seulement besoin de la solution du corps, on dissout des poids convenables de chlorate de potasse et d'un sel ammoniacal, ou bien on emploie l'ammoniaque liquide, et mélange, puis on élimine la potasse par addition d'acide tartrique qui laisse précipiter le tartrate de potasse sous forme insoluble. On n'a plus qu'à concentrer la liqueur, pour lui faire marquer le degré voulu.

Usages. Il sert dans la fabrication des indiennes, des toiles peintes.

Chlorate de baryum. BaO, ClO^5, HO... $(ClO^3)^2Ba'' + H^2O$. Sel découvert par Chenevix, de saveur âcre, cristallisé en prismes carrés terminés par une surface oblique, et quelquefois perpendiculaire à l'axe du cristal ; soluble dans l'eau, dont un litre en dissout 75 à 80 grammes ; insoluble dans l'alcool. Ce sel renferme 6 0/0 d'eau de cristallisation ; 100 p. équivalent à 49,63 d'acide chlorique anhydre, et peuvent remplacer seulement 80,5 de chlorate de potasse.

Préparation : 1° Chenevix, pour obtenir ce corps, faisait arriver du chlore dans un mélange d'eau et d'hydrate de baryte récent ; mais comme le chlorate et le chlorure de baryum sont également solubles dans l'eau, pour les séparer, on fait bouillir le produit de la première opération avec du phosphate d'argent, en présence de l'acide acétique (cet acide étant nécessaire à cause de l'excès de base que renferme le phosphate). Il se produit ainsi du phosphate de baryte, mêlé de chlorure d'argent ; ils se précipitent tous deux ainsi que l'acétate. Il faut avoir soin d'agir sur un précipité suffisamment humide, car l'acétate sec, en présence du chlorate, pourrait provoquer une explosion, comme cela est arrivé à Vauquelin. Les liqueurs filtrées et convenablement évaporées donnent le chlorate.

2° On le prépare encore en saturant l'acide chlorique (obtenu avec le chlorate de potasse et l'acide hydrofluosilicique) par l'hydrate de baryte, et évaporant la solution à pellicule. On l'obtient ainsi très pur.

3° On peut enfin dissoudre le chlorate de potasse par l'eau tiède, ajouter un léger excès d'acide hydrofluosilicique et faire bouillir quelques instants. La potasse se précipite en se combinant à l'acide silicique, tandis que les acides chlorique et fluorique restent dans la dissolution. On filtre et neutralise par le carbonate de baryte, qui précipite l'acide fluorique et les dernières traces de silice. On filtre et fait cristalliser. Le chlorate ainsi obtenu est également très pur.

Usages. Depuis quelques années, l'industrie des toiles peintes emploie beaucoup ce sel, à cause de sa grande solubilité, surtout pour préparer les noirs d'aniline. Il remplace avantageusement, ainsi que le chlorate de soude, le sel de potasse, lequel a l'inconvénient de cristalliser dans la couleur, et dès lors de la rendre impropre à l'impression.

Chlorate de Sesquioxyde de Chrôme $Cr^2O^3, 3(ClO^5)$.... $(ClO^3)^3Cr$. Ce sel préparé par MM. Storck et de Coninck, a été également étudié par MM. Depierre et Tatarinoff. Il est déliquescent, de coloration verte, très altérable ; il se décompose par la chaleur entre 55 et 60° C., avec dégagement d'acide chloreux à l'ébullition. Il dissout à froid un cinquième de son poids d'hydrate d'oxyde de chrome nouvellement précipité et forme alors un chlorate basique très altérable. Ce corps, en effet, après cinq ou six jours de préparation se suroxyde ; l'oxyde de chrome devient acide chromique, qui précipite alors par l'acétate de plomb, ce que ne fait pas le chlorate normal.

Préparation. Pour l'obtenir, on décompose une solution chaude et concentrée de chlorate de baryte, par l'alun de chrome, en suffisante quantité pour précipiter toute la baryte :

$$(SO^4)^2KCr + 12(H^2O) + 2[(ClO^3)^2Ba + H^2O] = 2(SO^4Ba) + ClO^3K + (ClO^3)^3Cr + 14(H^2O)$$

On prend 644 grammes de chlorate de baryte et les dissout à l'ébullition dans deux litres d'eau, puis on ajoute 499 grammes d'alun de chrome. Le sulfate de baryte se précipite ; après un repos suffisant on décante ; le résidu contient en outre des cristaux de chlorate de potasse. La liqueur claire, concentrée, donne le chlorate de chrome. Il faut avoir soin de ne pas dissoudre l'alun de chrome séparément dans de l'eau bouillante, car la modification verte se produisant, la précipitation du sulfate de baryte ne se ferait qu'imparfaitement, et, en plus, avec une extrême lenteur.

Usages. D'après MM. Depierre et Tatarinoff, ce chlorate est appelé à jouer un certain rôle, non seulement dans la production du jaune ou de l'orange par vaporisage, dans la fabrication des indiennes, mais aussi comme moyen de fixation d'autres matières colorantes, telles que l'aniline, le cachou, le campêche, etc., surtout en l'employant à l'état de chlorate basique. (Voir bulletin de la Société industrielle de Rouen, 1877, p. 43, 44, 45, 47.)

Chlorate de potassium. Syn. : *Muriate oxygéné de potasse* KO, ClO^5... $KClO^3$. Il a fait l'objet des premiers travaux de Berthollet sur les chlorates, et est, sans contredit, le plus employé de tous ces sels.

Propriétés. Il est blanc, d'aspect nacré, sonne à l'oreille, et offre d'abord une saveur fraîche, puis nauséabonde et désagréable. Il est anhydre, inaltérable à l'air, et cristallise en lamelles appartenant au type clinorhombique. Il est soluble dans l'eau, qui en dissout

Pour 100 parties d'eau. . .	3 1/2	à	0°	centigrade
— — . . .	6	à	15°	—
— — . . .	60,4	à	104°	—

il y a saturation à l'ébullition. Projeté sur les charbons ardents, il en active la combustion. Il fond bien

au-dessous du rouge, à 370° C., puis au-delà, se décompose, bout, et dégage de l'oxygène, en se transformant en perchlorate, puis finalement en chlorure, comme le montrent les formules suivantes :

$$ClO^3K = O^3 + KCl \text{ ou } KO,ClO^5 = O^6 + KCl;$$

dès qu'il se forme du chlorure, le dégagement commence :

$$2(ClO^3K) = KCl + ClO^4K + O^2$$
$$\text{ou } 3(KO,ClO^5) = 2(KO,ClO^7) + KCl + O^2;$$

alors la masse devient pâteuse, et il ne se forme plus que du perchlorate, par absorption d'oxygène :

$$4(ClO^5,KO) = 3(KO,ClO^7) + KCl,$$

et le perchlorate soumis enfin à une plus forte chaleur, cède alors tout son oxygène :

$$2(KO,ClO^7) = (KCl^2) + O^{16}.$$

Lorsqu'on pile le chlorate dans un mortier, il pétille, devient lumineux et jette des étincelles; mais si on le mêle avec certains corps, comme le soufre, il détone par trituration, ou par le choc, soit en une seule fois, soit par fractions. En frappant le mélange sur une enclume avec un marteau, on obtient un très fort bruit; aussi ne faut-il jamais faire les préparations avec le chlorate, en grande quantité, ou à l'avance, car on les a vues parfois détoner sans cause apparente. On provoque des phénomènes analogues avec un grand nombre d'autres substances, comme le phosphore, les sulfures de mercure et de potassium, le sucre, les huiles volatiles, etc.; mélangé au charbon, le chlorate ne détone que par l'approche d'un corps enflammé. Cette décomposition subite du chlorate peut même se faire en pilant le sel avec du coton; une petite détonation se produit en certains points, et provoque l'inflammation du textile. Des traces d'acide sulfurique amènent des réactions analogues dans des mélanges à parties égales de chlorate et de sucre ou de charbon, de soufre, de benjoin, de résine, de cinabre, de sciure de bois; avec le soufre ou le charbon, il se produit souvent une simple flamme, sans explosion. On comprend dès lors, combien ce sel est dangereux à manier lorsqu'on le mélange à des matières étrangères, surtout des sulfures ou des principes organiques, aussi les accidents sont-ils tellement nombreux (explosions, incendies, etc.), qu'en 1874 Speengel a conseillé, pour éviter le frottement, de ne manipuler le chlorate qu'après l'avoir humecté avec des liquides, qui comme la benzine, le pétrole, ou d'autres carbures, ne peuvent nuire aux réactions qui se produisent lorsqu'on veut employer les chlorates, mais suffisent pour éviter l'échauffement et les frottements.

Le chlorate de potasse est formé de 61,23 d'acide chlorique et de 38,77 0/0 de potasse. Il fournit en poids $38^g,86$ 0/0 d'oxygène, ou, en volumes, $27^l,35$ par 100 grammes, ou encore 1 litre pour $3^g,728$ de sel. Pour obtenir ce rendement, Dœbereiner a fait remarquer qu'il est souvent nécessaire de chauffer le sel avec un corps qui facilite le dégagement du gaz; le peroxyde de fer, celui de manganèse, l'oxyde de cuivre sont souvent employés dans ce cas.

Le chlorate de potasse chauffé à 70° C., avec de l'acide oxalique, donne de l'acide carbonique, du peroxyde de chlore, du chlorure de potassium et de l'oxalate acide de potasse. Chauffé avec l'acide azotique concentré, il dégage du chlore et de l'oxygène, et laisse de l'azotate et du perchlorate de potasse, tandis que si l'on emploie l'acide étendu, on obtient de l'oxygène seulement, pourvu qu'il n'y ait pas de corps réducteurs comme l'acide hypoazotique, l'acide arsénieux ou l'acide tartrique; dans ce dernier cas, il se dégage de l'acide chloreux et se produit de l'acide azotique. L'acide chlorhydrique mêlé au chlorate de potasse, produit par la chaleur, du chlore et du peroxyde de chlore; ce procédé est souvent employé en chimie légale, pour la destruction des matières organiques, dans les cas d'empoisonnements par les *substances métalliques* ou par l'*arsenic*. Dans certaines conditions, le chlorate donne avec le même acide, de la *Chloraniline*, ou Quinon tétrachloré $C^{12}Cl^4O^4$.

PRÉPARATION. Il existe différents moyens de préparer le chlorate de potasse :

1° Dans les laboratoires, on fait passer un grand excès de chlore dans une dissolution de potasse à la chaux marquant 35° Baumé, ou dans une solution de carbonate de potasse. Le chlorate qui se forme n'étant pas très soluble à froid, on a soin de refroidir le vase où se fait la préparation, et le sel se dépose en écailles brillantes, à mesure de sa formation :

$$6Cl + 6(KO) = KO,ClO^5 + (KCl)^5.$$

la production est d'autant plus grande, que la dissolution alcaline est plus concentrée. Pour saturer 2 à 3 kilogrammes de potasse, il faut de quatre à cinq jours. On décante alors la liqueur, recueille le précipité sur un filtre, et lave à l'eau ordinaire pour enlever le chlorure formé, puis on fait cristalliser à nouveau, afin d'enlever toute trace de ce sel, ou la silice contenue souvent dans la potasse. Il faut amener le chlore dans la solution, par un tube assez large et pouvant facilement se nettoyer sans démonter tout l'appareil, car les cristaux qui pourraient le boucher en se déposant, provoqueraient la rupture des vases, par suite de la pression. En évaporant l'eau-mère qui a été séparée du chlorate, on obtiendra le chlorure de potassium.

1 kilog de potasse ou de carbonate fournit de 90 à 100 grammes de chlorate.

Dans l'industrie on produit ce sel par d'autres procédés.

2° En changeant l'hypochlorite de chaux en chlorate par l'action de la chaleur. On dissout ce corps dans l'eau, puis on l'additionne de chlorure de potassium. Il y a double décomposition à une certaine température :

$$CaO,ClO^5 + KCl = KO,ClO^5 + CaCl.$$

Ce procédé, dû à Liebig, donne 120 grammes de chlorate par kilogramme d'hypochlorite employé.

3° La méthode la plus suivie, dans la grande industrie, est celle de Graham, modifiée par Liebig. On fait agir le chlore sur un lait de chaux à une température assez élevée; il y a production de

chlorure et de chlorate de calcium, et l'on décompose le dernier par le chlorure de potassium ;

$$\left.\begin{matrix} 2(KCl) \\ 6(CaO.H)^2 \\ 6Cl^2 \end{matrix}\right\} = \begin{matrix} 2(KClO^3) \\ 6(CaCl^2) \\ 6(H^2O^2) \end{matrix}$$

ou $2(KCl)+6(CaO,2HO)+6Cl=2(KO,ClO^5)+6(CaCl)+(HO)^6$.

On dégage du chlore dans des bonbonnes en grès, que l'on chauffe au-dessus de 100°, au moyen d'un bain-marie formé par une solution saturée de chlorure de calcium, puis on dirige les vapeurs au moyen d'un tuyau en plomb, dans un vase de semblable métal, où la vapeur d'eau se condense, avant que le chlore ne pénètre dans le récipient contenant le lait de chaux (chaux éteinte 300, eau 1000). Ce vase, qui, ainsi que toutes les parties métalliques de l'appareil, est en plomb, pour pouvoir résister à l'action du gaz, est pourvu d'agitateurs, et en communication avec une prise de vapeur qui permet à l'hydrate de chaux d'atteindre une température de 50 à 60° C. Dès que commence l'action du chlore, par suite de la réaction chimique produite, la température s'élève jusqu'à 100°, mais, malgré cela, il se forme toujours du chlorure en même temps que le chlorate. Lorsque la saturation de la chaux est complète, on voit le chlore se dégager par une petite ouverture réservée à la partie supérieure du vase ; on arrête l'opération, décante le liquide dans des réservoirs métalliques, puis, lorsqu'il s'est éclairci, on le fait passer dans des chaudières où il se concentre jusqu'à ce qu'il marque 30° Baumé. L'hypochlorite s'étant transformé en chlorate par l'action de la chaleur, on ajoute au liquide une solution de chlorure de potassium (154 grammes pour la quantité de chaux indiquée), puis on concentre jusqu'à ce que la liqueur marque 1,28, soit 32° Baumé, et laisse cristalliser. On lave les cristaux pour enlever le chlorure, et les fait se dissoudre dans l'eau bouillante pour les purifier; mais, comme il y a toujours un peu de chlorure de calcium et des traces de fer, on ajoute par hectolitre de solution 250 grammes de carbonate de potasse. Il se dépose du carbonate de chaux et du sesquioxyde de fer ; on décante après repos, fait cristalliser à nouveau et dessèche les cristaux à l'étuve. Les eaux-mères évaporées à 1,35 (38° Baumé) fournissent de nouveaux cristaux.

Lorsque la fabrication est importante, comme dans certaines usines d'Angleterre, pour ne pas démonter l'appareil, lorsque le lait de chaux est saturé, on fait cette opération dans de grands cylindres en tôle doublés de plomb, et communiquant entre eux. Le chlore doit être dirigé tantôt dans l'un, tantôt dans l'autre des cylindres, de façon à forcer le gaz à traverser le lait de chaux le moins saturé. On peut ainsi vider et recharger un cylindre, pendant que l'opération se termine dans le second.

Quelle que soit la méthode que l'on emploie, on peut reconnaître également que la saturation est complète, à la teinte rouge-rosée que prennent les liqueurs. Cette coloration est due à la formation d'une petite quantité d'acide permanganique aux dépens du manganèse que renferment presque toujours les chaux utilisées. On a cependant reconnu que cette teinte se produit, même lorsque le chlore a été préparé sans l'emploi du bioxyde de manganèse.

Altérations. Le chlorate de potasse est fort souvent livré au commerce, sans avoir été parfaitement purifié. Suivant le procédé qui a servi à l'obtenir, il peut contenir des *chlorures de potassium, de sodium* ou *de calcium*. Le premier sel lui donne une saveur amère, et de plus le fait décrépiter sur les charbons ; sa solution précipite alors en blanc cailleboté par l'azotate d'argent. Le précipité est soluble dans l'ammoniaque et insoluble dans l'acide azotique.

Le *chlorure de calcium* se retrouve dans le sel préparé par le procédé Liebig ; il a l'inconvénient de rendre le produit déliquescent, et dès lors impropre à certains usages, comme la fabrication des allumettes. Cette solution précipite par l'azotate d'argent, et donne par l'oxalate d'ammoniaque un précipité d'oxalate de chaux.

Falsification. On a retrouvé dans le chlorate de potasse un certain nombre de corps ajoutés dans un but frauduleux. En outre du chlorure de potassium que l'on peut laisser volontairement dans le produit, pour en augmenter le poids, on a parfois rencontré des lamelles de mica, d'acide borique, du nitrate de potasse.

Il est facile de reconnaître le *mica* à son insolubilité dans l'eau bouillante ; pour dissoudre l'*acide borique*, on traite le sel suspect par trois fois son poids d'alcool bouillant, on filtre et enflamme le liquide. Il brûle avec une flamme verte, bien visible en agitant avec une baguette de verre, lorsqu'il contient le composé borique. Pour retrouver le *nitrate de potasse*, deux procédés peuvent servir : *a*, dans un tube à essai on met un peu du sel, avec quelques fragments de tournure de cuivre, et de l'eau ; on ajoute ensuite, plusieurs gouttes d'acide sulfurique. S'il se dégage des vapeurs rutilantes, bleuissant le papier réactif au gaïac, c'est qu'il y avait des nitrates. *b*/ : dans une capsule de porcelaine, on verse quelques gouttes d'une solution de cyanure jaune, et y projette un peu du sel à essayer, puis on verse de l'acide chlorhydrique. On mêle le tout et porte à la température de 70° centigrades environ. On laisse refroidir, on ajoute un peu d'eau distillée et neutralise la liqueur par de la soude. On filtre, puis on ajoute au liquide une ou deux gouttes de monosulfure alcalin. S'il y avait des traces de nitrate dans le sel, la solution se colore en violet, par suite de la formation du nitro-prussiate, dans l'opération (William Davy).

Usages. Le chlorate de potasse a beaucoup d'usages. En chimie on s'en sert pour produire de l'oxygène, en le chauffant seul ou mêlé avec certains oxydes. Dans le dernier cas, il faut surveiller l'opération, parce que ces corps ordinairement noirs, et bons conducteurs de la chaleur, amènent facilement la fusion du sel, parfois l'incandescence, et dès lors un grand et rapide dégagement de gaz, qui amène des explosions.

Dans les analyses organiques, on emploie le

chlorate pour fournir l'oxygène qui fera passer le carbone et l'hydrogène à l'état d'acide carbonique et d'eau. On prend le volume et le poids des gaz fournis, pour calculer ensuite celui des éléments à doser. On associe dans ces analyses le chlorate à 10 ou 20 fois son poids d'oxyde de cuivre, ou de bioxyde de manganèse, afin d'éviter la formation de perchlorate qui se décomposerait trop vite, et projetterait hors du tube, le corps à analyser.

Le chlorate sert dans les essais alcalimétriques des soudes sulfureuses, qu'il épure, lorsqu'on calcine ces soudes avec lui, en transformant les sulfures en sulfates, et faisant ainsi disparaître les degrés faux, dus à la présence du sulfure.

Le chlorate de potasse sert à fabriquer le permanganate de potasse. Il est utilisé en grande quantité, pour la fabrication de certaines *matières colorantes artificielles*. Ainsi le violet de Paris, qui a aujourd'hui complètement remplacé l'ancien violet Hofmann, se fabrique industriellement sur une grande échelle, par oxydation de la dyméthylaniline, par le chlorate, en présence d'un sel de cuivre.

Dans l'*industrie des toiles peintes*, il joue encore un rôle plus important. C'est sur la fibre même que l'imprimeur transforme l'aniline en noir, en la soumettant à l'action oxydante du sel chlorique. On associe au mélange de sel d'aniline (chlorhydrate ou azotate) et de chlorate convenablement épaissi, une faible dose d'un composé cuprique, ou vanadique, et comme les chlorates de cuivre ou de vanadium sont fort instables, on obtient le « montage du noir d'aniline » à des températures peu élevées, 25 à 30° centigrades, avec le sel de cuivre, à froid avec le composé vanadique. L'action oxydante de l'acide chlorique est quelquefois utilisée pour détruire certaines matières colorantes fixées sur tissu. Le genre « enlevage sur bleu indigo cuvé » en a tiré parti en réalisant des dessins, blanc sur fond bleu, à l'aide du chlorate de potasse et d'un acide.

Avant l'invention des *allumettes* (1832), on se servait des *briquets oxygénés* proposés en 1813, par Wagemann, de Tübingue, pour avoir rapidement du feu. On faisait une bouillie claire au moyen d'eau, de 30 parties de chlorate de potasse pulvérisé, 8 de sucre, 5 de gomme arabique et un peu de sulfure de mercure, on y ajoutait 10 parties de soufre bien trituré et lavé, et trempait dans ce mélange de petits fragments de bois; on laissait sècher quelques jours. Pour l'usage, il suffisait de plonger dans l'acide sulfurique. Les *allumettes à frottement* furent connues en 1832. Elles étaient faites en trempant le bout soufré des allumettes ordinaires, dans une pâte composée de 1 partie chlorate, 2 parties sulfure d'antimoine, eau et gomme en quantités suffisantes. Dès 1833 parurent les *allumettes chimiques, proprement dites*, dans lesquelles le phosphore remplaça le sulfure d'antimoine (l'auteur de cette découverte est resté inconnu). Depuis, la composition de la pâte des allumettes a changé fort souvent: En 1837, Preshel supprima le chlorate et le remplaça par l'oxyde de plomb ; plus tard, par l'azotate de plomb ; enfin, dans certaines allumettes, le phosphore n'existe plus dans la pâte (Hochstetter et Canouil) qui dès lors contient du chlorate; ce sont les allumettes suédoises ; — les allumettes au phosphore amorphe sont encore dans le même cas.

En pyrotechnie, nous voyons le chlorate de potasse entrer dans la confection des capsules, des amorces, des poudres. Les capsules sont des petits godets en cuivre mince dans lesquels on introduit une pâte faite avec :

	Amorces d'artillerie	Amorces pour fusils de munition
Chlorate de potasse pulvérisé	26	27.5
Fulminate de mercure	13	12.3
Azotate de potasse	30	30.7
Soufre, pulvérisé et lavé	17	résine 16.3
Verre pilé	14	11.2
Gélatine ou gomme	1	1.0
	100	100.0

Il suffisait de 25 milligrammes de ce mélange pour faire la charge d'une capsule, ce qui permettait de fabriquer 40,000 amorces avec 1 kilogramme de pâte. On gommait par-dessus.

Pour les armes de chasse, on n'employait que 20 milligrammes de charge, et souvent le mélange était formé de parties égales de chlorate et de fulminate avec un peu de verre pilé.

Depuis l'emploi des armes à percussion centrale, ces amorces ne s'emploient plus : la poudre fulminante des capsules est introduite au centre de la charge que l'on met dans la culasse du fusil. Le choc de l'aiguille, de la lame que porte le chien, ou ce dernier, suffit pour déterminer la déflagration de l'amorce. La fabrication des amorces est très dangereuse, aussi faut-il ne manier le mélange qu'alors qu'il est humide ; et encore, voit-on des accidents continuellement arriver dans les capsuleries, malgré toutes les précautions journellement prises, et la surveillance exercée.

La *poudre blanche* a été proposée sous la Révolution, pour remplacer la poudre ordinaire, en substituant le chlorate de potasse au nitrate. Des essais de fabrication ont été tentés à la poudrerie d'Essone, mais on a dû abandonner cette idée, à la suite des graves accidents qui sont survenus par suite d'explosion subite du mélange.

La seule poudre qui ait été quelque temps employée dans les mines, jusqu'à la découverte des corps explosifs modernes, est celle dans laquelle on mélangeait et comprimait, à poids égal, de la pulpe de coton-poudre avec du chlorate de potasse. L'inflammation de la masse donne des effets très puissants.

Notons encore les *signaux d'alarme* pour chemins de fer, faits avec des mélanges semblables et qui éclatent lors du passage du train. Le chlorate de potasse sert enfin à préparer la plupart des autres chlorates, par voie de double décomposition.

Production. La plus grande quantité de chlorate de potasse employé en France, en Allemagne, vient actuellement d'Angleterre. Plusieurs établissements en fabri-

quent annuellement près de 8,000,000 de kilogram., d'une valeur de 2 millions et demi de francs. Le chlorate se vend de 150 à 160 francs les 100 kilogrammes.

En France, la fabrication du chlorate de potasse ne se fait plus qu'en deux endroits : l'usine de Chauny, de la Compagnie de Saint-Gobain, en fait environ 300,000 kilogrammes, par an ; celle de Salindres, près Alais, 360,000 kilogrammes; et encore ces usines ne se livrent-elles à cette fabrication peu rémunératrice, que pour écouler l'acide chlorhydrique qu'elles produisent.

Plusieurs usines d'Allemagne ont été obligées de cesser cette fabrication. Thann (Scheurer-Kestner) en fait accidentellement, et encore pas en très grande quantité.

Perchlorate de potasse. KO,ClO^7 ou KCl^2O^5. Ce produit est employé depuis quelque temps en pyrotechnie, pour remplacer le chlorate trop dangereux à manier. C'est un corps anhydre, mais contenant un peu d'eau d'interposition entre ses cristaux ; il cristallise en prismes orthorhombiques transparents, est soluble dans 65 parties d'eau à 15°, et plus soluble à l'ébullition ; insoluble dans l'alcool.

PRÉPARATION. 1° D'après ce qui a été dit sur les propriétés physiques du chlorate de potasse, on peut voir qu'en chauffant avec précaution ce sel, jusqu'au moment où il prend une consistance pâteuse, on le transforme presque totalement en perchlorate. On laisse refroidir, pulvérise, reprend par l'acide chlorhydrique et concentre. La masse prend une légère coloration jaune verdâtre, lorsque tout est transformé en perchlorate et en chlorure. On traite par l'eau bouillante, et par refroidissement le perchlorate se dépose, alors que le chlorure et le chlorate restent dans la liqueur. (Sérullas.)

2° On projette 1 partie de chlorate finement pulvérisé dans 2 parties d'acide sulfurique concentré, et l'on chauffe doucement pendant vingt-quatre heures au bain-marie, jusqu'à disparition de la couleur verte qui s'est produite, et dégagement d'odeur de peroxyde de chlore. On reprend par l'eau bouillante; le perchlorate se dépose et le bisulfate reste en dissolution (Sérullas).

3° Penny remplace dans ce procédé l'acide sulfurique par l'acide azotique.

4° Stadion conseille, pour obtenir le sel absolument pur, d'opérer l'électrolyse du chlorate de potasse.

Chlorate de soude, NaO,ClO^5...ClO^3Na. Ce produit est anhydre, cristallise en tétraèdres ou en rhombes un peu obliques (Mitscherlich) quelquefois en cubes ; cette forme pouvant même parfois prédominer (Marbach). Il fond facilement à une température élevée, dégage de l'oxygène, et laisse un résidu sensiblement alcalin. Il se dissout dans son poids d'eau, et est même hygrométrique ; il est soluble dans l'alcool. Sa solution aqueuse bout à 132°. Sa densité est de 2,289. Chauffé avec l'acide azotique, il se décompose en oxygène, en chlore et en perchlorite de soude. 100 parties de ce sel représentent 70,69 d'acide chlorique anhydre, et peuvent remplacer 115 parties de chlorate de potasse.

PRÉPARATION. (*a*) Saturer une solution de carbonate de soude par le chlore. Mais il est alors difficile à séparer du chlorure formé en même temps. On y arrive partiellement toutefois, par des traitements alcooliques qui s'emparent du chlorate.

(*b*) Pour l'avoir pur, on neutralise l'acide chlorique par la soude à l'alcool, ou le carbonate de soude pur.

(*c*) On peut encore traiter l'hydrofluosilicate ou le tartrate de soude, par le chlorate de potasse dissous dans l'eau, et porter à l'ébullition. On opère comme il a été déjà indiqué.

(*d*) D'après Wittstein, on obtient facilement ce sel en décomposant du chlorate d'ammoniaque par du carbonate de soude. On dissout 3 parties de sulfate d'ammoniaque et 5 parties de chlorate de potasse dans 15 parties d'eau. On évapore au bain-marie en bouillie claire, puis après refroidissement, on ajoute 4 volumes d'alcool. Le chlorate d'ammoniaque se dissout, on filtre. Cette liqueur est alors distillée pour enlever l'alcool ; on ajoute au résidu 5 parties de carbonate de soude. Il se forme du carbonate d'ammoniaque que la chaleur dégage, et du chlorate de soude que l'on fait cristalliser.

Usages. Depuis quelques années, malgré l'élévation relative du prix de ce chlorate (240 à 250 francs les cent kilogrammes), on préfère l'employer, ainsi que celui de baryte, dans l'industrie des toiles peintes, parce que le sel de potasse, comme nous l'avons dit, étant moins soluble, cristallise souvent dans la couleur. On en consomme en France de très grandes quantités chaque année.

Parmi les chlorates organiques nous n'avons qu'à en signaler un seul, le **chlorate d'aniline** $C^{12}H^7AzClO^5$..... C^6H^7Az,ClO^3 que l'on fabrique directement dans les fabriques d'indiennes, au moment du besoin, en éliminant la potasse du chlorate sous forme de crême de tartre, par saturation avec l'acide tartrique, puis alors neutralisant directement l'acide chlorique libre par l'huile d'aniline. C'est surtout pour la fabrication du noir d'aniline que ce procédé est parfois employé. — J. C

CHLORE. *T. de chim.* Le chlore a été découvert en 1774 par Scheele qui l'obtint par l'action de l'acide chlorhydrique sur le peroxyde de manganèse. Davy l'a le premier envisagé comme un corps simple en 1816 et lui donna le nom qu'il porte actuellement (de χλωρὸς jaune verdâtre).

Etat naturel. En raison de ses affinités puissantes, le chlore ne se trouve jamais libre dans la nature mais à l'état de chlorures métalliques. Le plus répandu est sans contredit le chlorure de sodium vulgairement nommé sel de cuisine ; 100 parties d'eau de mer contiennent en moyenne 26-27 0/0 de chlorure de sodium ; le sel se trouve encore en couches puissantes dans les terrains tertiaires à côté de sylvine (chlorure de potassium) ou de carnallite (chlorure double de potassium et de magnésium).

PRÉPARATION. La meilleure manière de préparer le chlore consiste à traiter le peroxyde de manganèse par l'acide chlorhydrique ; il se forme d'abord du tétrachlorure qui chauffé se décompose en bichlorure et en chlore.

$$Mn\,O^2 + 4\,HCl = 2\,H^2\,O + Mn\,Cl^4$$
(nouv. not.) $$Mn\,Cl^4 = Mn\,Cl^2 + Cl^2$$
$$Mn\,O^2 + 2\,HCl = Mn\,Cl^2 + 2\,HO$$
(Anc. not.) $$Mn\,Cl^2 = Mn\,Cl + Cl$$

On fait passer le courant de chlore à travers de l'eau qui retient l'acide chlorhydrique entraîné et si on veut avoir le gaz sec à travers un second flacon laveur qui renferme de l'acide sulfurique concentré qui s'empare de la vapeur d'eau que le chlore entraîne.

Cette méthode est la méthode industrielle. Quelquefois dans les laboratoires on obtient le chlore en chauffant un mélange de chlorure de sodium et de peroxyde de manganèse avec l'acide sulfurique concentré.

(not. atom.) $$2\,NaCl + 2\,H^2\,SO^4 + Mn\,O^2 = Mn\,SO^4 + Na^2\,SO^4 + 2\,H^2\,O + Cl^2$$

(anc. not.) $$Ma\,Cl + Mn\,O^2 + 2\,SO^3 = Na\,O.SO^3 + Mn\,O.SO^3 + Cl$$

Citons encore parmi les autres modes de formation du chlore; l'action de l'acide chlorhydrique sur le bichromate de potasse, sur les chlorates et le chlorure de chaux. Ce dernier procédé joue un rôle très important dans le blanchiment; c'est en vertu de cette réaction que par le chlorage (V. ce mot) les tissus de coton sont blanchis par l'action du chlore naissant dégagé du chlorure de chaux,

Propriétés du chlore. Le chlore est un gaz jaune-verdâtre d'un poids spécifique de 2,45 ; il est doué d'une odeur très forte et désagréable ; c'est un violent poison ; respiré en petites quantités, il provoque des crachements de sang. Le chlore peut être aisément liquéfié ; à 0° une pression de 6 atmosphères suffit pour le transformer en un liquide jaune, qui bout à — 3,36°.

Le chlore est assez soluble dans l'eau; 1 volume d'eau froide dissout environ 2 volumes de chlore; comme il attaque le mercure, pour l'avoir sec il faut le recueillir par déplacement.

Le chlore n'est pas combustible, car il ne se combine pas directement à l'oxygène ; il est plutôt à envisager comme un corps comburant en raison de ses affinités puissantes ; un jet d'hydrogène enflammé plongé dans une atmosphère de chlore continue à brûler avec une flamme bleuâtre répandant d'épaisses fumées d'acide chlorhydrique.

L'arsenic, l'antimoine et le phosphore s'enflamment lorsqu'on les introduit dans un récipient rempli de chlore.

Le chlore est un agent décolorant et désinfectant des plus efficaces ; ses propriétés ont reçu des applications très importantes dans le blanchiment des tissus de lin et de coton et de la pâte à papier. Dans ces cas le chlore ne blanchit qu'en présence d'eau, ce que l'on démontre aisément par l'expérience suivante :

On introduit dans un flacon rempli de chlore sec de l'étoffe teinté en garance telle quelle et dans un autre flacon le même tissu mouillé ; au bout de peu de temps le second est décoloré tandis que le premier conserve toute sa couleur.

Voilà l'explication de l'action du chlore ; cet élément en présence d'eau la décompose en vertu de son affinité pour l'hydrogène dont il s'empare pour former de l'acide chlorhydrique ; l'oxygène à l'état naissant décompose la matière organique en la décolorant. L'action désinfectante du chlore repose sur le même phénomène.

Hydrate de chlore. Lorsqu'on fait passer un courant de chlore à travers de l'eau refroidie à quelques degrés au-dessus de 0° il ne tarde pas à se séparer des cristaux que l'on fait égoutter sur un entonnoir ; on les débarrasse de l'eau mère en les pressant entre du papier joseph. Ces cristaux contiennent 28 0/0 de chlore : à l'air libre ils se décomposent rapidement en chlore et en eau ; en vase clos ils ne se décomposent qu'à 38°.

Procédés industriels. Le chlore n'a pas d'applications industrielles par lui-même ; son état gazeux s'oppose à son emploi ; en revanche, les chlorures décolorants (V. ce mot) jouent un rôle important dans l'industrie. Le chlore dont se sert l'industrie pour obtenir le chlorure de chaux, qui est le chlorure décolorant le plus employé, est préparé généralement par l'action de l'acide chlorhydrique sur le peroxyde de manganèse régénéré (procédé Weldon). On commence d'abord par dégager du chlore du peroxyde naturel ; on a comme résidu du chlorure de manganèse, que l'on précipite par un lait de chaux ; en faisant passer un courant d'air à travers le mélange, le protoxyde de manganèse se transforme en bioxyde qui rentre dans la fabrication ; pour réparer aux pertes de manganèse inhérentes à toute fabrication industrielle, on prépare toujours une petite quantité de chlore au moyen de peroxyde naturel.

Citons finalement comme procédé industriel ; la préparation du chlore au moyen de l'air et de l'acide chlorhydrique ; on fait passer un mélange d'air et d'acide chlorhydrique sur des briques chauffées au rouge et préalablement imprégnées d'une dissolution de sulfate cuivrique, qui facilite la réaction ; la réaction suivante a lieu :

$$HCl + O = HO + Cl$$ (anc. not.)
$$2\,HCl + O = H^2O + Cl^2$$ (nouv. not.)

C'est le procédé de Deacon.

Le chlore libre est transformé en chlorure de chaux comme d'habitude.

* **CHLORER.** *T. de teint.* Donner au tissu un passage en bain de chlorure de chaux. || *Machine à chlorer.* — V. CHLORAGE.

* **CHLOREUX** (Acide). *T. de chim.* $Cl\,O^3$ .... Cl^2O^3. Corps qui résulte de la combinaison du chlore et de l'oxygène. Il est gazeux, de coloration jaune-verdâtre, d'odeur forte, non permanent. D = 2,723. Chauffé à 50°, il se dédouble, avec explosion, en ses éléments ; la lumière solaire peut amener seule cette décomposition. En solution dans l'eau, il forme un liquide très oxydant, dont le pouvoir décolorant est 14 fois plus grand que celui de l'eau de chlore, lorsqu'il contient 10 fois son volume de gaz. Il n'agit pas sur les carbonates, mais transforme les bases en chlorites; avec les

matières organiques, il provoque très fréquemment de violentes détonations. On l'obtient en décomposant le chlorate de potasse par l'acide nitrique, en présence d'acide arsénieux ou d'acide tartrique. Ces derniers réduisent l'acide nitrique en acide nitreux, lequel désoxyde l'acide chlorique pour le transformer en acide chloreux. On chauffe 15 parties d'acide arsénieux avec 20 parties de chlorate pulvérisé, 60 parties d'acide nitrique ordinaire et 20 parties d'eau.

L'acide chloreux sert à former les chlorites.

CHLORHYDRATE. *T. de chim.* Nom donné à certains sels formés par l'acide chlorhydrique avec les bases; ce sont de véritables chlorures. (V. CHLORURES). Parmi les composés minéraux, il n'y a guère qu'un seul sel désigné sous ce nom : le CHLORHYDRATE D'AMMONIAQUE, dont il a été question aux sels *ammoniacaux* (V. ce mot). Plusieurs chlorhydrates organiques sont employés dans l'industrie comme matières colorantes. Parmi les plus utilisés, nous signalerons les

Chlorhydrate d'aniline $C^{12}H^7Az, HCl$.... C^6H^7Az, HCl, qui cristallise en longues aiguilles incolores, se teintant en gris, et même en nuances plus foncées par l'action de la lumière ; il est très soluble dans l'eau, dans l'alcool, sublimable par la chaleur ; il forme un chlorure double avec les chlorures d'or et de platine.

On l'obtient en saturant l'aniline par l'acide chlorhydrique concentré, et agitant pendant tout le temps de la réaction ; on filtre et évapore pour faire cristalliser. Il en est employé de très grandes quantités dans la teinturerie et l'impression sur étoffes.

Chlorhydrate de chrysaniline

$C^{40}H^{17}Az^3, 2(HCl)$.... $C^{20}H^{17}Az^3, 2(HCl)$;

sel cristallisé en petites écailles d'un rouge écarlate, soluble dans l'eau, moins soluble dans l'alcool, et pas dans l'éther ; par l'action de la chaleur il perd entre 160 et 180° un équivalent d'acide chlorhydrique. Il se prépare en ajoutant de l'acide concentré à une dissolution de chrysaniline dans l'acide chlorhydrique. Il fournit à la teinture et aux indiennes une belle nuance rouge.

Chlorhydrate de mauvéine

$C^{54}H^{24}Az^4, HCl$.... $C^{27}H^{24}Az^4, HCl$;

corps cristallin, en petits prismes d'un violet foncé métallique, se réunissant souvent en houppes, soluble dans l'alcool, peu soluble dans l'eau, insoluble dans l'éther. On sature, pour l'obtenir, la mauvéine par l'acide chlorhydrique, et reprend par l'alcool bouillant. Il cristallise par refroidissement. C'est une belle couleur violette.

Chlorhydrate de rosaniline. Syn. : *Fuschine* (V. ce mot) $C^{40}H^{19}Az^3, HCl$..... $C^{20}H^{19}Az^5, HCl$; c'est le composé de rosaniline le plus employé. Il est en tables rhomboïdales à éclat métallique, et d'un vert émeraude ; il est soluble dans l'alcool, insoluble dans l'éther, peu soluble dans l'eau ; est hygrométrique, et ne perd son eau d'interposition qu'à 130°. C'est une couleur rouge que l'on prépare comme la précédente.

Chlorhydrate de safranine

$C^{42}H^{20}Az^4, HCl$... $C^{21}H^{20}Az^4, HCl$.

Il est en petits cristaux rougeâtres, soluble dans l'eau, l'alcool, bien plus à chaud qu'à froid ; il est insoluble dans l'éther. Ses solutions, de couleur orange foncé, sont fluorescentes. Pour l'obtenir on traite par l'acide chlorhydrique, la safranine solide ou en pâte, et fait cristalliser ; si on a besoin de purifier le sel, il est bon d'aciduler la liqueur bouillante par l'acide chlorhydrique, les sels de safranine perdant facilement leur acide. Matière employée comme principe colorant jaune.

Chlorhydrate de toluidine $C^{14}H^9Az, HCl$ .... C^7H^9Az, HCl. Corps se présentant sous forme de lamelles blanches, lorsqu'il vient d'être préparé, mais jaunissant rapidement au contact de l'air ; sublimable, soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'éther. On l'obtient en traitant les cristaux de toluidine par l'acide chlorhydrique. C'est un corps donnant des nuances rouges.

Chlorhydrate de triméthylamine

$Az(C^2H^3)^3, HCl$.

Sel cristallisé en longs prismes incolores, très déliquescents, inodores, mais développant entre les doigts, par le frottement, une très forte odeur de marée. Il est très soluble dans l'eau, dans l'alcool. Il s'obtient en traitant par l'acide chlorhydrique, la triméthylamine préparée industriellement en décomposant par la chaleur les résidus de distillation des mélasses de betteraves (vinasses).

Usages. Ce produit, proposé par M. C. Vincent, comme susceptible d'agir, ainsi que les autres ammoniaques composées (aniline, toluidine, naphtylamine) pour la fabrication des toiles peintes, n'a pas donné jusqu'à ce jour de bons résulats (V. Bull. de la Soc. Ind. de Rouen, 1877, p. 312, 320).

Si l'on chauffe le sel entre 300 et 325°, il se décompose en ammoniaque et en *éther méthylchlorhydrique*, corps très volatil, appliqué surtout à produire un froid intense, puisqu'à la pression ordinaire, il bout à — 23° centigrades. On s'en sert pour liquéfier les gaz, solidifier les liquides, faire de la glace, préparer un grand nombre de couleurs d'aniline à base de méthyle ; et cela, d'autant mieux, qn'il coûte moins cher que les autres composés méthyliques, et n'est pas explosible comme l'azotate de méthyle. — J. C.

***CHLORHYDRINE.** *T. de chim.* Nom primitivement donné aux éthers chlorhydriques de la glycérine, et plus tard à tous les éthers chlorhydriques des alcools polyatomiques. Chaque alcool a un nombre de chlorhydrines égal au chiffre de son atomicité.

Le glycol, par exemple, aura deux chlorhydrines :

$C^2H^4\{^{OH}_{OH}$	$C^2H^4\{^{OH}_{Cl}$	$C^2H^4Cl^2$
Glycol	**Monochlorhydrine du glycol**	**Chlorure d'éthylène ou dichlorhydrine du glycol**

tandis que la glycérine en aura trois :

$$C^3H^5\begin{cases}OH\\OH\\OH\end{cases}\quad C^3H^5\begin{cases}(OH)^2\\Cl\end{cases}\quad C^3H^5\begin{cases}OH\\Cl^2\end{cases}\quad C^3H^5Cl^4$$

Glycérine — Monochlorhydrine — Dichlorhydrine — Trichlorhydrine

Il y a des chlorhydrines simples, et d'autres complexes.

CHLORHYDRIQUE (Acide). — V. Acides.

CHLORIQUE (Acide). *T. de chim.* ClO^5,HO..... ClO^3H. Liquide acide, formé par la combinaison du chlore et de l'oxygène, et renfermant toujours un équivalent d'eau. Il est de consistance sirupeuse, incolore, inodore, très altérable par la chaleur, dès 40°; soluble dans l'eau. Il enflamme les corps combustibles, comme le papier, l'alcool.

C'est une matière oxydante très énergique, qui est employée pour cette propriété, et comme dissolvant. Il décompose en effet un grand nombre de corps : il oxyde l'acide sulfureux en le transformant en acide sulfurique et faisant de l'acide chlorhydrique ; avec l'hydrogène sulfuré, il donne lieu à un dégagement de chlore, avec dépôt de soufre et formation d'acide sulfurique; il détruit le permanganate de potasse, en produisant un précipité de bioxyde de manganèse.

Préparation. On l'obtient en décomposant le chlorate de potasse par l'acide hydrofluosilicique ; on laisse déposer le fluosilicate de potasse formé, décante, puis sature par la baryte. Il se forme du chlorate de baryum que l'on décompose à son tour par de l'acide sulfurique étendu.

Usages. L'acide chlorique est livré à l'industrie pour faire des chlorates comme ceux d'ammoniaque, d'aniline. On l'emploie rarement seul.

***Chlorique** (Acide Per-) ClO^7,HO..... ClO^4H, découvert en 1815, par le comte de Stadion, puis étudié par Serrulas en 1830, et enfin par Roscoë, de Manchester.

Propriétés. Liquide volatil, incolore, répandant à l'air des fumées blanches, s'altérant assez rapidement à la lumière, en prenant d'abord une teinte jaune, et souvent se décomposant très brusquement en produisant une violente explosion. Il produit un phénomène analogue lorsqu'on le verse sur des matières organiques, comme sur l'éther, ou sur du charbon. C'est un oxydant on ne peut plus énergique, qui exerce sur la peau une action très caustique. Il rougit la teinture de tournesol, sans la détruire ; il n'est pas réduit par l'hydrogène sulfuré ou l'acide sulfureux, ce qui le différencie de l'acide chlorique.

Préparation. 1° Distiller le perchlorate de potasse (1 partie) avec l'acide sulfurique concentré (4 parties). Il passe un liquide qui se prend en masse, et que l'on redistille à nouveau à 110°. On arrête l'opération lorsqu'il commence à se former des cristaux dans le col de la cornue (Sérullas).

2° Par l'électrolyse de l'acide chlorique. L'oxygène qui se dégage au pôle positif s'unit à l'acide chlorique, pour engendrer de l'acide perchlorique.

3° Faire bouillir du chlorate de potasse avec de l'acide hydrofluosilicique. Après refroidissement on sépare le fluosilicate de potasse par décantation, et concentre ; il se sépare à nouveau du fluosilicate et l'on continue ces opérations jusqu'à ce qu'il se dégage des fumées blanches d'acide perchlorique. On distille alors et recueille le produit condensé, qui est très pur, lorsqu'on l'a débarrassé de l'acide sulfurique et de l'acide chlorhydrique qu'il peut garder, au moyen des perchlorates de baryte et d'argent. 4 kilogrammes de chlorate donnent 500 grammes d'acide perchlorique (Roscoë).

4° Décomposer par la chaleur l'acide chlorique. On obtient une certaine quantité d'acide perchlorique. L'opération est dangereuse à faire.

Usages. Il sert en chimie à caractériser les sels de potasse et d'ammoniaque. Oxydant.

***CHLORITE.** 1° *T. de minér.* Variétés de silicates hydratés d'alumine et de magnésie, contenant souvent du fer ; de coloration verte, facilement cristallisables en lames flexibles. On en connaît trois espèces : 1° le *Clinochlore* ou *Chlorite hexagonale*, que l'on trouve à Ala, en Piémont ; dans le Tyrol, aux États-Unis ; 2° la *Ripidolite* ou *Chlorite écailleuse*, que l'on retrouve dans les schistes chloriteux, mais qui cristallise en lames groupées en éventail, le plus ordinairement à la surface du quartz ou de feldspath. Il en existe au Saint-Gothard, dans le Tyrol. 3° la *Pennine* ou *Mica triangulaire* des Alpes pennines, qui a un éclat vitreux, un peu nacré, et est dichroïque. Elle se trouve en rhomboèdres aplatis, ou en masses lamellaires, comme à Zermatt, en Valois.

‖ 2° *T. de chim.* Nom que l'on donne au sel résultant de la saturation de l'acide chloreux par une base. Ces sels sont incolores, cristallisés, généralement solubles dans l'eau (ceux de plomb, d'argent, sont insolubles), décomposables par la chaleur, mais à des températures différentes. Ainsi pendant que celui de potassium se décompose à 100°, il faut chauffer à 250°, pour détruire celui de sodium.

Ils sont attaqués par les acides faibles, même par l'acide carbonique, avec dégagement d'acide chloreux. Mélangés à certains corps, ils peuvent se décomposer brusquement avec explosion ; c'est ainsi que le chlorite de plomb mélangé au soufre, ou à un sulfure métallique, détone par frottement ou même spontanément, ainsi que par la chaleur à 100°. En contact avec les solutions ferreuses, ou manganeuses, ils les décompose et précipite la base en la peroxydant. Leur caractère distinctif est la propriété qu'ils ont de décolorer l'indigo, sous l'influence des acides, même en présence de l'acide arsénieux, ce qui les différencie des hypochlorites.

Préparation. On les obtient en saturant directement l'acide chloreux par une base, ou bien par voie de double décomposition, pour ceux qui sont insolubles.

On peut encore les préparer à l'aide de l'acide hypochlorique et de la chaleur.

Usages. Ce sont des oxydants très énergiques ; ceux préparés avec les métaux alcalins ou alcalino-terreux sont les plus employés.

CHLORITE (Hypo-). — V. Chlorures décolorants.

***CHLOROBENZIDE.** *T. de chim.* $C^{12}HCl^3$. Corps liquide qui se forme par décomposition de la chlorobenzine, en présence de la chaleur. Il est huileux et bout à 210°.

***CHLOROBENZINE** (Tri-). *T. de chim.* $C^6H^3Cl^3$. Substance incolore, liquide, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther, que l'on obtient en faisant réagir le chlore gazeux sur la benzine, sous l'influence des rayons solaires ; ou avec l'hexachlorure de benzine et la potasse, à l'ébullition. Il existe six combinaisons différentes du chlore avec la benzine.

***CHLOROBENZOÏQUE** (Acide). *T. de chim.*

$C^7H^5O^2Cl$.... $C^6H^4Cl,CO(OH)$

Ce produit est solide, cristallisé, sublimable, amer ; soluble dans l'alcool et l'éther. On l'obtient en fixant du chlore sur l'acide benzoïque, ou traitant l'acide cinnamique par le chlorure de chaux (Stenhouse).

***CHLOROBENZOYLE.** *T. de chim.* $C^{14}H^5O^2Cl$. C'est un liquide clair, brûlant avec une flamme qui répand des fumées blanchâtres et âcres ; il est odorant et provoque les larmes. Il se prépare par l'action du chlore sur l'essence d'amandes amères, ou hydrure de benzoyle ($C^{14}H^6O^2$), jusqu'à ce qu'il ne se forme plus d'acide chlorhydrique.

***CHLOROCARBONIQUE** ou **CHLOROXYCARBONIQUE** (Acide). *T. de chim.* COCl Gaz incolore, piquant, soluble dans l'eau, obtenu en exposant à la lumière des volumes égaux de chlore et d'oxyde de carbone. En solution aqueuse, il se décompose et forme avec l'alcool absolu un éther chlorocarbonique, liquide huileux qui bout à 200°.

CHLOROFORME. *T. de chim.* $C^2HCl^3 = CHCl^3$. Syn. : *Formène trichloré.* Corps doué de propriétés anesthésiques remarquables, obtenu aux dépens du formène, C^2H^4, auquel on a enlevé 3 équivalents d'hydrogène pour les remplacer par du chlore.

— Il a été découvert simultanément, en 1831, par Soubeiran, en France ; Liebig, en Allemagne, et Samuel Guthrie, de Sackestt's Harber, à New-York.

Sa composition resta quelque temps douteuse, car Liebig le considérait comme un corps binaire, du trichloride de carbone ; ce fût en 1835, que Dumas donna sa composition vraie, et démontra que c'est un produit ternaire ; de l'éther méthylique, C^2H^3Cl, dans lequel on a substitué deux équivalents de chlore à deux d'hydrogène.

Le chloroforme doit son nom à l'action que les alcalis exercent sur lui-même (Dumas). C'est en effet l'analogue de l'acide formique, car si l'on compare les deux formules

C^2HO^3 et C^2HCl^3

Acide formique — Chloroforme

on voit que les corps ne diffèrent l'un de l'autre que par l'oxygène du premier, remplacé par du chlore dans le second. On prouve d'ailleurs cette analogie, en mettant en présence une solution alcoolique de potasse avec du chloroforme ; on voit que (l'alcool ne figurant pas dans les réactions qui se produisent) :

$C^2HCl^3 + 4(KO,HO) = C^2HKO^4 + 3(KCl) + 2(H^2O^2)$.

ou $CHCl^3 + 4(KHO) = 2(H^2O) + 3(KCl) + CHO^2K$.

D'après ces formules, il se forme du chlorure de potassium et de l'acide formique, et, par suite, du formiate de potasse. Si, en effet, on enlève la potasse par l'acide azotique, et ajoute un peu d'ammoniaque pour neutraliser le sel, on obtient à chaud, avec l'azotate d'argent une réduction de ce dernier sel, preuve évidente de la présence de l'acide formique.

Propriétés. Le chloroforme est un liquide très mobile, incolore, d'odeur suave et éthérée, lorsqu'il est pur, de saveur légèrement sucrée. A 18° sa densité est de 1,48 ; celle de sa vapeur de 4,199. Il bout à 60°,8, et brûle difficilement, avec une flamme fuligineuse, rougeâtre et bordée de vert ; par la combustion il engendre de l'acide chlorhydrique. Un litre d'air saturé de chloroforme, à 20° C., en contient 1g,20, et 2 grammes à 30° C. Il est peu soluble dans l'eau, au fond de laquelle il tombe ; est très soluble dans l'alcool, dans l'éther. Il dissout un très grand nombre de corps : le phosphore, l'iode, le soufre, les corps gras, les résines, beaucoup d'alcaloïdes, et en général, tous les corps riches en carbone, tels que le caoutchouc.

Mis en contact avec l'acide sulfurique concentré, il n'est d'abord pas attaqué, mais à la longue, il finit par s'altérer et par répandre des vapeurs chlorhydriques. Soumis à l'action de l'acide chlorhydrique, il fixe un équivalent de chlore, perd son hydrogène, et donne le formène quadrichloré C^2Cl^4. Chauffé avec de l'acide azotique, il dégage un peu de vapeurs rutilantes.

Le chlore gazeux transforme le chloroforme en formène quadrichloré, mais si l'on distille plusieurs fois du chloroforme dans un courant de ce gaz sec, on fait de l'acide chlorhydrique et du perchlorure de carbone CCl^4 ; tout comme on obtient ce perchlorure en exposant aux rayons solaires un mélange de chlore et de chloroforme.

Lorsque l'on dirige des vapeurs de formène trichloré, au travers d'un tube rouge de feu, on décompose complètement ce corps :

$C^2HCl^3 = C^2 + Cl^2 + HCl$

et l'on obtient un dépôt de charbon, en même temps qu'un mélange de chlore et d'acide chlorhydrique ; mais, par suite d'autres combinaisons des éléments entre eux, il y a en outre formation de sesquichlorure de carbone C^2Cl^6, puis de perchlorobenzine C^6Cl^6 (Julin), corps cristallisé en aiguilles fines. Les vapeurs de chloroforme en présence d'alcalis chauffés au rouge, forment des carbonates et des chlorures des bases employées, en même temps qu'il se sépare du carbone, et se dégage de l'oxyde de carbone, lorsque la température n'est pas très élevée.

L'action des métaux alcalins est variable, suivant la température ; ainsi, le potassium, ou le sodium ne réagissent pas, même à 200°, tandis que le potassium, en présence de vapeurs de chloroforme, produit une violente explosion.

L'ammoniaque gazeuse décompose au rouge les vapeurs de chloroforme. Il y a formation de chlorure et de cyanure d'ammonium, et production de paracyanogène, si la température est très éle-

vée. Le cuivre, au rouge, donne avec le chloroforme, de l'acétylène (Berthelot), ainsi que l'amalgame de potassium :

$$2(C^2HCl^3)+6(Cu^2)=2(C^2H)+6(Cu^2Cl).$$

Les hydrogènes sulfuré ou sélénié, dirigés sur du chloroforme placé sous l'eau, produisent un corps blanc, d'odeur alliacée, encore mal défini (Loir). Si l'on chauffe des phénates alcalins avec du chloroforme, on obtient des aldéhydes aromatiques; en employant le gaïacol, on est parvenu à faire de la vanilline artificielle (Reimer).

Préparation. Le procédé le plus ordinaire de préparation du chloroforme, consiste à traiter les matières organiques, et surtout l'alcool, par le chlore, en présence des alcalis.

1° On prend :

Hypochlorite de chaux.	10	parties.
Chaux éteinte	3	—
Alcool à 85° centigrades	2	—
Eau.	60	—

on commence par chauffer l'eau dans le bain-marie d'un grand alambic, à 40° C., puis on y délaie une partie de la chaux éteinte et du chlorure de chaux, et on ajoute l'alcool. On élève alors rapidement la température jusqu'à ce que le chapiteau de l'appareil soit bien échauffé. Il se produit un grand dégagement de gaz, qui boursouffle la masse; on retire alors le feu, ou interrompt l'arrivée de la vapeur, suivant le mode de chauffage employé, puis on laisse continuer la distillation, en introduisant peu à peu ce qui reste de produit. On doit chauffer légèrement vers la fin de l'opération pour terminer la réaction. Celle-ci est complète lorsque les liqueurs qui distillent n'ont plus le goût sucré.

Le produit distillé est un mélange de chloroforme, d'alcool et d'eau; il forme dans le vase deux couches, dont l'inférieure légèrement colorée en jaune par du chlore, contient le chloroforme impur. On décante la couche supérieure, lave le chloroforme avec de l'eau, pour enlever l'alcool, puis on met le liquide sur du carbonate de potasse pour saturer le chlore; et enfin on enlève l'eau par du chlorure de calcium. Le chloroforme est alors distillé pour le rectifier, et s'il est coloré par des matières hydrocarbonées huileuses, on l'agite avec de l'acide sulfurique, qui ne réagit pas sur lui. Par une nouvelle distillation on l'obtient assez pur.

Les réactions qui se sont passées dans l'opération sont les suivantes : en présence du chlore, l'alcool se trouve décomposé :

$$C^4H^6O^2+2Cl=2(HCl)+C^4H^4O^2$$

c'est-à-dire qu'il y a formation d'aldéhyde, laquelle, en présence du chlore, s'unit à lui pour faire du chloral ou aldéhyde monochlorée :

$$C^4H^4O^2+Cl^6=3(HCl)+C^4HCl^3O^2$$

une nouvelle quantité d'acide chlorhydrique est alors formée. Mais le chloral en s'unissant à la chaux de l'hypochlorite, se dédouble en chloroforme et en acide formique, lequel en présence de la base, engendre du formiate de chaux :

$$C^4HCl^3O^2+CaO,HO=C^2HO^3,CaO+C^2HCl^3.$$

Ce formiate se dédouble à son tour, dégage de l'acide carbonique et laisse un carbonate alcalin. C'est cette réaction secondaire qui boursouffle la masse, et exige l'emploi de vases d'une grande capacité.

L'expérience a démontré que dans la fabrication du chloroforme, il y a grand avantage à toujours se servir des liqueurs obtenues dans les opérations précédentes, et surnageant la couche chloroformique du liquide distillé. MM. Laroque et Husant ont signalé, que si avec 4 litres et demi d'alcool, on obtient 550 grammes de chloroforme, par une première opération, en se servant des liquides distillés et de la même quantité d'alcool, on aura dans une deuxième opération 640 grammes de produit; dans une troisième opération, 700 grammes; dans une quatrième opération 730 grammes.

Mialhe et Soubeiran ont assuré que l'on pouvait dans la fabrication, remplacer l'alcool éthylique, par de l'alcool méthylique, et obtenir un produit identique; mais il est reconnu que le chloroforme ainsi préparé a une odeur désagréable, due à la formation d'une huile chlorée, que les purifications à l'acide sulfurique ont du mal à enlever complètement.

2° On fabrique actuellement en Angleterre, un chloroforme très pur, dit chloroforme anglais, en décomposant l'hydrate de chloral par un alcali.

$$C^4HCl^3O^2+KHO^2=C^2HCl^3+C^2HKO^4.$$

Production. D'après les théories anciennement admises, le chloroforme se formait par l'action de l'hypochlorite de chaux sur des substances qui ne renferment pas le groupement CH^3, ou le contiennent combiné avec autre chose que le carbone. M. Belohoubeck a démontré, au contraire, que ce corps ne se forme que par l'action du chlorure sur les composés où CH^3 est combiné à un atome de carbone. S'il s'en produit avec l'alcool méthylique, c'est parce que ce corps renferme de l'acétone; et il n'est pas possible d'en obtenir, bien que Bonnet et Schlagdenhauff l'aient avancé, par l'action de ce chlorure sur l'oxalate de méthyle.

On peut encore préparer le chloroforme :

3° Par l'action du chlore sur le formène, en mélangeant 1 volume de ce gaz à 3 de chlore, et modérant l'action de la lumière solaire, par un gaz inerte :

$$C^2H^4+3(Cl^2)=C^2HCl^3+3(HCl).\ \text{(Dumas)}$$

4° Par l'action des alcalis hydratés sur l'acide chloracétique ou les chloracétates alcalins.

$$C^4HCl^3O^4=C^2HCl^3+C^2O^4\ \text{(Dumas).}$$
$$\text{ou } KO,C^4Cl^3O^3+KO,HO=2(KO,CO^2)+C^2HCl^3.$$

5° Par la modification que fait éprouver le chlore à diverses matières organiques, telles qu'une solution alcoolique de potasse, par exemple.

Composition. Le chloroforme est considéré comme étant du formène trichloré, en effet :

$$C^2\left|\begin{matrix}H\\H\\H\\H\end{matrix}\right. = C^2\left|\begin{matrix}H\\Cl\\Cl\\Cl\end{matrix}\right.$$

Formène — Chloroforme

on peut encore dire que c'est du chlorure de méthylène bichloré, car $(C^2H)Cl + Cl^2 = C^2HCl^3$. Sa composition centésimale est la suivante :

Carbone	10.05
Hydrogène	0.83
Chlore	83.12
	100.00

Caractères spécifiques. Pur, le chloroforme ne doit pas affecter la solution de nitrate d'argent ; il ne doit pas coaguler l'albumine; il ne doit pas déterminer de rougeur sur la peau.

ALTÉRATIONS. Le chloroforme est parfois impur, soit par suite d'une mauvaise préparation, ou par défaut de rectification ; ou bien encore, parce qu'il s'est spontanément altéré. Dans d'autres circonstances il a été volontairement frelaté. Un grand nombre de corps ont été signalés dans le chloroforme ; il faut surtout citer : l'acide chlorhydrique, le chlore, l'acide hypochloreux, l'éther chlorhydrique, l'éther chloroxycarbonique, l'acide formique, des huiles hydrocarbonées, des composés méthyliques et amyliques, de l'aldéhyde, de l'alcool, de l'éther hydrique, etc. Certains corps modifient ses propriétés en le rendant irritant et très caustique sur la peau ; tels sont l'acide chlorhydrique, le chlore ; d'autres le rendent vénéneux, comme le chlore, les huiles hydrocarbonées.

Les *composés chlorés* seront reconnus au précipité blanc caillebotté qu'y formera la solution d'azotate d'argent ; *l'acide chlorhydrique* rougira en plus le papier bleu de tournesol, que décolorerait et blanchirait *l'acide hypochloreux. L'éther chlorhydrique* sera retrouvé en distillant le chloroforme avec de l'eau ; l'éther qui passera au début de la distillation se reconnaît à l'odeur agréable qu'il possède.

Pour rechercher la présence de *l'éther chloroxycarbonique*, on se sert de bilirubine. Le chloroforme pur donne avec ce corps une teinte jaune orangé, et une coloration verte s'il contient l'éther indiqué (Stœdeler).

L'*aldéhyde* et *l'acide formique*, se recherchent de la même manière. Ces deux corps ont la propriété de réduire l'oxyde d'argent hydraté; mais, si l'on ajoute de la potasse à la liqueur, le liquide prend à l'ébullition une teinte brune, quand le chloroforme renferme de l'aldéhyde, et ne change pas, quand c'est de l'acide formique.

Pour retrouver les *matières huileuses*, on mélange au liquide suspect un peu d'acide sulfurique concentré, et l'on agite ; les matières hydrocarbonées se colorent en noir, au bout de quelque temps, lorsqu'elles existent dans le produit (Soubeiran et Mialhe).

Les *composés méthylés* sont difficiles à reconnaître chimiquement ; ils donnent au chloroforme des propriétés nuisibles. Ils prouvent que la préparation a été faite avec l'esprit de bois. Ils provoquent par l'inhalation du corps, de la céphalalgie, et une prostration générale et rapide. On distingue plus facilement les *produits valériques* et *amyliques* que contiennent les chloroformes faits avec de l'alcool de grains. Ils restent dans le résidu de la distillation du liquide à 65° C., et sont très reconnaissables à leur odeur spéciale. La distillation poussée à siccité, montrera s'il y avait des *corps fixes* dans la liqueur.

L'alcool a pour effet de diminuer la densité du chloroforme. Différents moyens révèlent sa présence : 1° En agitant le liquide avec un cristal d'acide chromique ou de bichromate de potasse, et un peu d'acide sulfurique, s'il se produit une coloration verte (oxyde de chrome), c'est qu'il y avait de l'alcool (Cattel). 2° Le chloroforme versé dans l'eau, prend une teinte louche, lorsqu'il est alcoolisé (Mialhe). 3° En mettant dans un tube de 20 centimètres, gradué, volumes égaux d'eau et de chloroforme, si après agitation le volume de la couche aqueuse a augmenté d'une proportion donnée, c'est que le liquide contenait de l'alcool, dont l'augmentation de cette couche aqueuse indique la proportion (Blanquinque). 4° s'il y a de l'eau ou de l'acool dans le produit, en y projetant un fragment de sodium, celui-ci s'altère et de l'hydrogène se dégage.

L'éther hydrique diminue aussi la densité du chloroforme et augmente son inflammabilité. On le retrouve en agitant le liquide avec un petit fragment d'iode. Celui-ci se dissout en colorant en violet le chloroforme pur, et donnant une teinte vineuse, pouvant aller au brun, s'il y a plus ou moins d'éther ordinaire. Dans ces derniers temps, M. Yvon a proposé le permanganate comme moyen de constater la pureté du chloroforme. Tout produit qui réduit une liqueur faite avec permanganate 1 partie, potasse pure, 10 parties, eau distillée, 250 parties, après un temps maximum de dix minutes, doit être rejeté comme impur ou altéré.

Recherche. Pour retrouver du chloroforme dans des substances quelconques, on se sert de la propriété qu'a ce corps de se décomposer au rouge, en chlore et en acide chlorhydrique. On introduit la substance étendue avec de l'eau distillée, dans une cornue tubulée, dans la tubulure de laquelle arrive un tube recourbé à angle droit, lequel plonge dans la masse, et est relié par son extrémité libre, à un soufflet par un tube en caoutchouc. Le col de la cornue communique de son côté avec un tube en porcelaine, que l'on peut porter au rouge, et que termine un tube recourbé se rendant dans un vase rempli d'hydrate amylacé ioduré, ou d'une solution d'azotate d'argent. Si au moyen du soufflet, on injecte de l'air dans l'appareil, cet air se charge de vapeurs de chloroforme, et la chaleur les dédoublant, le chlore formé déplace l'iode, et il y a production d'iodure bleu d'amidon, si l'on a mis de l'hydrate amylacé dans le vase, ou précipité de chlorure d'argent dans le cas contraire.

Si l'on veut constater la présence du chlore et de l'acide chlorhydrique, on fait rendre les gaz qui sortent du tube de porcelaine, dans une série d'éprouvettes contenant du mercure dans la première, de la potasse en dissolution dans la seconde. Le chlore seul attaque le mercure, et l'acide chlorhydrique se sature en passant dans la dernière. Il peut être indiqué par les réactifs.

Pour retrouver des traces de chloroforme, on peut encore employer un autre procédé : On distille pour volatiliser le chloroforme, et laisse la liqueur en contact avec de la potasse et du sulfate

de cuivre. Au bout de 12 à 24 heures, en présence de l'alcali, le chloroforme réduit le sel de cuivre à l'état d'oxyde (Moddermann.)

Usages. Ce corps a servi à faire des vernis isolants au caoutchouc, lesquels séchaient très vite et rendaient les étoffes imperméables ; le vernis fait avec la résine copal a été employé comme topique dentaire, pour arrêter la carie ; il a été recommandé pour empêcher la putréfaction des matières organiques. MM. Garreau et Doyère ont montré que lorsqu'on mélange ce corps à la dose de deux grammes par hectolitre, à des céréales, on obtient la destruction complète de tous les insectes qui pourraient attaquer les grains.

Le grand emploi du chloroforme est pour l'usage médical, soit à l'extérieur comme rubéfiant, ou pour engourdir localement, par suite du froid que produit son évaporation ; soit à l'intérieur, pris sous forme d'inhalations. Flourens a découvert, (8 mars 1847), qu'il déterminait l'anesthésie, en paralysant probablement les nerfs, et les muscles du cœur. Il a été appliqué la première fois sur l'homme, en novembre 1817, par Simpson d'Edimbourg. Son action est 8 à 10 fois plus rapide, plus intense, et plus complète que celle de l'éther; mais sa période d'excitation est très réduite. Son administration amène l'insensibilité et l'abolition des mouvements, qu'elle ait lieu pendant la veille, ou pendant le sommeil, car Dolbeau a démontré expérimentalement, que l'anesthésie peut être provoquée sans que le patient s'en soit aperçu (Annales d'Hygiène, 1874, tome XLI, p. 168). Le chloroforme ne doit être employé qu'avec les plus grandes précautions ; une trop forte dose provoquerait facilement la mort. — J. C.

* **CHLOROGÉNINE.** *T. de chim.* Matière particulière, également désignée sous le nom d'*acide chlororubique*, que l'on a isolée de la racine de garance, ainsi que de celles d'autres plantes. Elle a pour caractère spécial de fournir à l'ébullition, en présence des acides, un précipité vert insoluble, et du sucre.

Hesse a également donné ce nom à une base extraite de l'écorce de l'*Alstonia constricta*, Müller, (Apocinacées) qui croît en Australie. Ce corps a pour formule $C^{21}H^{20}Az^2O^4,H^2O$, est soluble dans l'eau, amer et vomitif.

* **CHLOROIODURE.** *T. de chim.* Sel qui résulte de l'union d'un chlorure et d'un iodure, de mêmes bases ou de bases différentes.

* **CHLOROMÈTRE.** *T. de chim.* Appareil destiné à mesurer la quantité de chlore actif contenu dans un produit, et plus généralement dans les hypochlorites alcalins (V. CHLORURES § DÉCOLORANTS) à l'état d'acide hypochloreux, parce que l'on a trouvé que l'équivalent de cet acide agit sur les réactifs, et comme matière propre au blanchiment, comme deux équivalents de chlore. C'est une burette ordinaire à graduation spéciale.

* **CHLOROMÉTRIE.** *T. de chim.* Les matières employées dans le blanchiment (eau de chlore, dissolution d'hypochlorite de chaux, eau de Javelle (hypochlorite de potasse), liqueur de Labarraque (hypochlorite de soude) ayant une valeur en rapport avec la quantité de chlore qu'elles contiennent, et leur plus grand état de pureté, il est nécessaire de pouvoir connaître exactement leur titre réel. On arrive à connaître cette richesse en principe utile, au moyen de l'opération désignée sous le nom de *chlorométrie*.

1° Pour évaluer la force d'un hypochlorite, *Décroizilles* recherchait la quantité de solution de sulfate d'indigo qu'un poids donné de ce chlorure pouvait décolorer. Cette méthode a été abandonnée, à cause de son peu d'exactitude, parce que la solution d'indigo s'altère, et que, d'un autre côté, il n'est pas toujours facile d'avoir de l'indigo de même qualité.

2° En 1835, Gay-Lussac créa les procédés chlorométriques. Il fonda la méthode qui a gardé son nom, sur la propriété oxydante des chlorures décolorants, qui peuvent transformer l'acide arsénieux en acide arsénique. Celui-ci est alors facile à doser. On voit en effet que :

$$As^2O^3+2(Cl^2)+2(H^2O)=As^2O^5+4(HCl);$$

ou que :

$$AsO^3+Cl^2+H^2O^2=AsO^5+2(HCl).$$

Partant de ce principe, Gay-Lussac a donné le mode opératoire suivant :

Méthode de Gay-Lussac. On prépare la liqueur dite *chlorométrique*, en dissolvant dans un petit matras, et à l'aide d'une douce chaleur, 4^g,439 d'acide arsénieux pur, dans 34 grammes d'acide chlorhydrique pur, à 22° Baumé, et ajoutant un même poids d'eau distillée. La dissolution effectuée, on verse le tout dans un ballon jaugé, de un litre, puis on lave soigneusement le matras avec de l'eau, réunit les liqueurs, et complète avec l'eau distillée le volume de 100 centimètres cubes.

Si l'on a à essayer de l'hypochlorite de chaux, par exemple, on prélève alors sur un échantillon moyen de ce corps, un poids exact de dix grammes. On les met dans un mortier de verre ou de porcelaine, les broie, puis on délaie avec de l'eau, afin de dissoudre complètement la partie soluble. Ce mélange est ensuite introduit dans un vase à large ouverture, de capacité suffisante, puis après avoir lavé à l'eau, mortier et pilon, et réuni les eaux de lavage au chlorure délayé dans l'eau, on complète un volume de 1000 centimètres cubes. On agite, puis abandonne au repos pour avoir un liquide clair.

D'un autre côté, on prélève 10 centimètres cubes de liqueur arsénieuse, avec une pipette, et on les met dans un vase à précipité, placé sur une feuille de papier blanc. Cette solution se colore au moyen de une à deux gouttes de sulfate d'indigo. On remplit une burette divisée en 100 parties avec la solution chlorurée, et on verse celle-ci dans le vase à précipité, en ayant soin d'agiter continuellement avec une baguette de verre. Lorsque l'on voit la teinte bleue disparaître, c'est que tout l'acide arsénieux est transformé en acide arsenique ; l'opération est terminée. On lit sur la burette le nombre de divisions employées. Pour être sûr de l'exactitude du chiffre obtenu, il est ha-

bituel de faire un second titrage, mais cette fois, en versant d'un seul coup le nombre de divisions de liqueur chlorurée trouvé précédemment, dans la liqueur arsénieuse non colorée en bleu. Si l'on ajoute ensuite une goutte de sulfate d'indigo, et qu'il y ait décoloration immédiate, puis qu'une seconde goutte garde sa nuance, c'est que l'opération a été bien faite.

Le titre fourni par le *chloromètre* (on nomme ainsi les burettes sur lesquelles se trouvent inscrites les degrès chlorométriques à côté des divisions ordinaires) n'est pas exact. Il est en raison inverse du nombre de degrés employés ; car, plus l'hypochlorite est saturé, et moins il a fallu se servir de liqueur arsenicale. Supposons que l'on ait employé dans une opération 120 divisions de la burette, c'est qu'il existe dans le chlorure examiné 12 centimètres cubes de chlore ; pour savoir dès lors combien il y a de chlore dans 100 centimètres cubes de chlorure, on fait le calcul suivant :

$$\frac{100\times100}{120}=83^{o},3$$

soit 83 litres 3 de chlore, par kilogramme d'hypochlorite, ou, si l'on veut avoir le poids du chlore, un litre de ce gaz, pesant à 0° centigrades, et sous la pression de $0^{m},760$, $3^{g},1689$ on a :

$$83,3\times3,1689=263^{g},969 \text{ de chlore.}$$

Pour faciliter les dosages, Gay-Lussac a construit la table suivante qui donne immédiatement, sans employer le chloromètre, le titre réel du chlore contenu dans l'échantillon examiné.

Table de Gay-Lussac pour chlorométrie.

Degrés trouvés au chloromètre	Titre réel correspondant	Degrés trouvés au chloromètre	Titre réel correspondant	Degrés trouvés au chloromètre	Titre réel correspondant	Degrés trouvés au chloromètre	Titre réel correspondant
90	111	109	91.7	128	78.1	147	68.0
91	110	110	90.9	129	77.5	148	67.5
92	109	111	90.1	130	76.9	149	67.1
93	107	112	89.3	131	76.3	150	66.7
94	106	113	88.5	132	75.7	151	66.2
95	105	114	87.7	133	75.2	152	65.8
96	104	115	86.9	134	74.6	153	65.4
97	103	116	86.2	135	74.1	154	64.9
98	102	117	85.5	136	73.5	155	64.5
99	101	118	84.7	137	73.0	156	64.1
100	100	119	84.0	138	72.5	157	63.7
101	99	120	83.3	139	71.9	158	63.3
102	98	121	82.6	140	71.4	159	62.9
103	97.1	122	82.0	141	70.9	160	62.5
104	96.1	123	81.3	142	70.4	170	58.8
105	95.2	124	80.6	143	69.9	180	55.5
106	94.3	125	80.0	144	69.4	190	52.6
107	93.4	126	79.4	145	69.0	200	50.0
108	92.6	127	78.7	146	68.5		

La méthode de Gay-Lussac donne donc la richesse d'un hypochlorite en degrés. Elle exprime combien de volumes de chlore sont contenus dans un volume déterminé de liquide. Il faut, lorsqu'on fait des titrages par ce procédé, surtout si l'on opère sur des produits de fabrication étrangère, se rappeler que Gay-Lussac a pris pour poids de un litre de chlore, le chiffre $3^{g},18$ au lieu de $3^{g},1689$ employé aujourd'hui ; et que, comme il admettait pour formule de l'hypochlorite de chaux $CaO,ClO+CaCl+HO=135,92$, il en résulte que le poids du chlore actif est 70,92 (puisque l'on admet que un équivalent d'acide hypochloreux en représente exactement deux de chlore), soit 52,16 0/0.

(3) *Méthode Penot.* M. Penot (*Bull. de la Soc. Ind. de Mulhouse*, 1852, n° 118) a quelque peu modifié le procédé de Gay-Lussac. Il remplace l'acide arsénieux par l'arsénite de soude, et l'indigo par un papier réactif.

Pour préparer la liqueur arsenicale, on dissout $4^{g},44$ d'acide arsenieux dans 13 grammes de carbonate de soude, et l'on forme un litre de liqueur. Quant au papier réactif, il se fait ainsi : on délaie 3 grammes d'amidon pulvérisé dans un peu d'eau froide, puis on dissout dans de l'eau 7 grammes de carbonate de soude cristallisé et 1 gramme d'iode. On mêle les produits et forme avec de l'eau un volume de 500 c^3. C'est en trempant du papier non collé dans ce liquide, et laissant sécher à l'abri de la lumière, que l'on prépare les bandes de papier réactif, qui servent dans l'opération.

Pour faire l'essai de l'hypochorite, on prend 10 grammes du corps, on les divise et étend d'eau, pour faire un litre, puis avec une burette on verse peu à peu la solution arsenicale, jusqu'à ce que l'addition d'une goutte de celle-ci n'influence plus le papier réactif. On calcule les résultats comme dans l'autre procédé.

(4) *Méthode de F. Mohr.* Le procédé précédent fut à son tour modifié par Mohr. (*Traité d'analyse chimique à l'aide des liqueurs titrées*, Paris, 1875, p. 341.) La méthode peut se résumer ainsi : Si l'on met du chlore en présence d'un excès d'arsenite, il sera facile, après la réaction, de savoir combien d'arsenite a été peroxydé, en dosant ce qu'il en reste. On emploie comme liqueur arsenicale une solution faite avec $4^{g},95$ d'acide arsenieux vitreux, 10 grammes de bicarbonate de soude, et assez d'eau pour obtenir 1000 c^3 de liqueur. D'autre part, on prépare une solution d'iode, qui renferme $12^{g},7$ d'iode, dissous dans une dissolution d'iodure de potassium, pour un volume de 2000 centimètres cubes.

Lorsqu'on veut faire un essai chlorométrique, on broie 1 gramme du chlorure à essayer, avec un peu d'eau, puis on ajoute la solution d'arsenite de soude, jusqu'à ce qu'une goutte de mélange ne produise plus de coloration bleue sur le papier iodo-amidonné. On verse alors dans le vase de l'empois d'amidon très clair, et l'on titre avec la solution d'iode, jusqu'à ce que l'on obtienne de l'iodure d'amidon d'un bleu foncé et persistant. Si, par exemple, on a ajouté 72 centimètres cubes d'arsenite, et employé $0c^3,2$ de liqueur iodée, comme les deux liqueurs sont calculées de façon à se correspondre, c'est qu'il reste $71c^3,8$ d'arsenite dans la solution, et comme chaque centimètre cube de cette liqueur représente 0,00355 de chlore, on aura en chlore actif $71,8\times0,00355=0,2546$, et, par conséquent, $25^{g},46$ 0/0 de chlore dans l'hypochlorite employé.

Nous ferons immédiatement remarquer que

dans cette méthode, les résultats sont exprimés d'une manière toute différente de celle qui avait été indiquée par Gay-Lussac. Dans cette dernière, les chiffres trouvés représentent le *volume* du chlore gazeux contenu dans l'échantillon ; avec la méthode de Mohr, on a la *richesse centésimale* ; et, comme cette façon d'exprimer les résultats est actuellement employée en Angleterre, en Allemagne, en Russie, aux États-Unis, etc., il est nécessaire de pouvoir facilement passer du degré français, à la richesse centésimale, ou réciproquement. Pour avoir le pourcentage, il suffit de multiplier le nombre des degrés français par 0,318 ; ou pour réduire en degrés Gay-Lussac, diviser par 0,318 la richesse centésimale.

Nous donnons d'ailleurs ici une table qui indique les rapports existant entre ces deux sortes de méthodes d'évaluation.

Table chlorométrique comparée des degrés français et anglais.

Degrés français	Degrés anglais	Degrés français	Degrés anglais	Degrés français	Degrés anglais	Degrés français	Degrés anglais
63	20.02	80	25.42	97	30.82	113	35.91
64	20.34	81	25.74	98	31.14	114	36.22
65	20.65	82	26.06	99	31.46	115	36.54
66	20.97	83	26.37	100	31.78	116	36.86
67	21.29	84	26.69	101	32.09	117	37.18
68	21.61	85	27.01	102	32.41	118	37.50
69	21.93	86	27.33	103	32.73	119	37.81
70	22.24	87	27.65	104	33.05	120	38.13
71	22.56	88	27.96	105	33.36	121	38.45
72	22.88	89	28.28	106	33.68	122	38.77
73	23.20	90	28.60	107	34.00	123	39.08
74	23.51	91	28.92	108	34.32	124	39.40
75	23.83	92	29.23	109	34.64	125	39.72
76	24.15	93	29.55	110	34.95	126	40.04
77	24.47	94	29.87	111	35.27	127	40.36
78	24.79	95	30.19	112	35.59	128	40.67
79	25.10	96	30.51				

NOTA. Les degrés français représentent le nombre de litres de chlore à 0° centigrade (32° Fahr.) et à 0,760 de pression (29 pouces 92) qui peuvent être obtenus avec 1 kilogramme de l'échantillon de chlorure de chaux essayé.

Les degrés anglais représentent le pourcentage actuel de chlore réel contenu dans ce même échantillon.

(5) *Procédé Wagner*. La méthode suivante, proposée en 1859 par R. Wagner, (*Dingl. polyt. Journ.* CLIV. 146) donne de très bons résultats. Elle est basée sur la décomposition qu'éprouve l'hypochlorite de chaux, en présence de l'iodure de potassium acidulé par l'acide chlorhydrique. L'iode étant déplacé par le chlore, on le dose par l'hyposulfite de soude.

$$2I + 2Na^2S^2O^3 + 5(H^2O) = 2(NaI) + Na^2S^4O^6 + 6(H^2O)$$

Hyposulfite — Tétrathionate

Pour faire un titrage, on dissout avec les précautions connues, (Wagner recommande la trituration, avec du verre pilé, pour faciliter la dissolution) 10 grammes d'hypochlorite, dans 1000 c^3 d'eau. On prend 100 c^3 du mélange laiteux et y ajoute 25 c^3 d'une solution iodurée, à 1/10, rendue acide par l'acide chlorhydrique, la liqueur devient immédiatement brune, par suite de la présence de l'iode libre ; on laisse éclaircir, et on opère le dosage de 1 gramme avec une solution titrée d'hyposulfite de soude contenant 24^g,8 de sel par litre. Quand la décoloration est complète, il suffit de lire sur la burette le nombre de centimètres cubes employés. Chaque centimètre cube représente 0^g,0127 d'iode, ou 0^g,00355 de chlore.

Nota. Gélis et Fordos ont également proposé une méthode de dosage du chlore par l'hyposulfite ; ce dernier passant à l'état de sulfate, par l'action du chlore et de l'acide hypochloreux. On versait la solution d'hypochlorite, dans la solution d'hyposulfite rendue acide, et colorée par le sulfate d'indigo. Ce mode d'essai n'offre pas une grande exactitude, car on sait qu'il se dépose toujours du soufre, quand on ajoute un acide à un hypochlorite, et de plus, le chlorure décolorant pouvait se carbonater à l'air, pendant qu'on le versait avec la burette ; ce sont autant de causes d'erreur. — J. C.

***CHLORONAPHTALINE.** T. *de chim.* Composé formé par l'action du chlore sur la naphtaline. La naphtaline peut fournir directement deux combinaisons, un *bichlorure* $(C^{10}H^8)Cl^2 = C^{20}H^8Cl^2$ et un *tétrachlorure* $(C^{10}H^8)Cl^4 = C^{20}H^8Cl^4$, lesquels, eux-mêmes, donnent des dérivés chlorés ; un mélange de chlorate de potasse, d'acide chlorhydrique et de naphtaline, à froid, donne du tétrachlorure, et du *tétrachlorure de naphtaline chlorée ;* mais, par substitution, on peut obtenir des dérivés chlorés, dans lesquels le chlore remplace l'hydrogène. Il y a des naphtalines chlorées ($C^{10}H^7Cl$), bichlorées ($C^{10}H^6Cl^2$), trichlorées ($C^{10}H^5Cl^3$)... perchlorées ($C^{10}Cl^8$). Laurent a de plus décrit sept naphtalines bichlorées isomères. Ces produits n'ont pas grand intérêt industriel.

***CHLOROPALE.** T. *de minér.* Silicate hydraté de sesquioxyde de fer naturel, amorphe et opaque, d'un vert-pistache, D=2, 1 ; il contient un peu d'alumine. Il se trouve avec l'opale à Andréasberg (Hartz), à Ceylan

***CHLOROPHANE.** *T. de minér.* Variété de calcium fluoruré, remarquable par la propriété qu'elle possède d'émettre une belle lumière verte par la chaleur. Elle se trouve en Sibérie.

***CHLOROPHAZITE** ou **CHLOROPHÉITE.** *T. de minér.* Silicate de fer hydraté magnésifère, de couleur vert-pistache, brunissant à l'air ; se trouve en petites aiguilles, ou en masses fibreuses, dans les cavités des amygdaloïdes, du basalte. D = 1,8 à 2,2.

***CHLOROPHYLLE** (syn. *Chromule*). *T. de chim.* Matière colorante verte qui existe dans les feuilles et dans les parties jeunes des végétaux.

Elle se présente, à l'état de pureté, sous la forme d'une poudre d'un vert-foncé ; cependant M. Trécul, en 1865, a dit l'avoir trouvée en aiguilles dans des écorces. Elle est inaltérable à l'air, et n'est pas décomposée à 200° centigrades. Elle est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther, les acides et les alcalis. Ses solutions alcooliques, de teinte vert-foncée, offrent une forte fluorescence

rouge ; elle est réduite et décolorée par l'hydrogène naissant. En présence de la gelée d'alumine elle forme une laque verte.

Composition. La nature de cette matière est encore douteuse. Quelques-uns en font un principe immédiat, qui aurait pour formule $C^{18}H^{10}AzO^3$; mais bien des chimistes ne croient pas, avec Mulder, que ce corps soit azoté. La plupart des auteurs qui ont étudié la chlorophylle, la regardent comme un mélange de diverses matières colorées. Ainsi Filhol y admet quatre principes, dont deux jaunes, un bleu et un brun ; Stokes, quatre principes de propriétés optiques différentes, deux verts et deux jaunes. L'opinion la plus répandue est celle de Frémy, qui considéra d'abord la chlorophylle comme un mélange de deux principes : un jaune *(phylloxanthine)* et un bleu *(phyllocyanine)* ; lorsque les feuilles n'ont pas reçu le contact de la lumière et sont étiolées, elles ne renferment que le principe jaune; celles qui jaunissent à l'automne, auraient subi une modification qui aurait oxydé et détruit le principe bleu. En 1877, Frémy a légèrement modifié cette théorie : il admit l'existence de la phylloxanthine, puis d'un sel vert-foncé bleuâtre, le *phyllocyanate de potasse*, car l'eau de baryte peut isoler l'acide phyllocyanique contenu dans une solution alcoolique de chlorophylle.

Plusieurs auteurs, Pfaundler, Verdeil, Salm-Horstmar, professent en plus la nécessité de la présence du fer dans la chlorophylle, car les plantes qui en sont privées, subissent une véritable chlorose.

Rôle. Il serait double. Sous l'influence du soleil, et pendant la vie, la chlorophylle servirait à décomposer l'acide carbonique de l'air, et jouerait par conséquent, un rôle immense dans la nature, au point de vue de l'assainissement de l'atmosphère ; après la chute et la mort des feuilles, elle servirait à rendre au sol la potasse dont il a besoin.

Préparation. *(a)* Épuiser la plante verte par l'alcool bouillant, puis précipiter la matière colorante par la chaux. Il se forme une laque, que l'on purifie par lavage, puis décompose par l'acide chlorhydrique. En agitant avec l'éther, on dissout la chlorophylle mise en liberté. Il ne reste plus qu'à évaporer le dissolvant pour l'avoir pure (Verdeil).

(b) On lave des épinards ou autres plantes légumineuses, puis on les hache, et fait bouillir avec leur poids de lessive de soude à 12,5° Baumé. La liqueur obtenue est additionnée d'alun, lequel forme une laque insoluble que l'on lave, et presse, pour enlever le sulfate de soude qui a pu se former. Cette laque est ensuite mélangée avec moitié de son poids d'un phosphate ou d'un citrate alcalin, qui la dissolvent, et permettent de conserver la chlorophylle sous forme d'une liqueur vert foncé que l'on concentre entre 2 et 5° Baumé (Lecours et Guillemare).

Usages. La chlorophylle est employée comme matière susceptible de verdir certains produits, comme les conserves alimentaires. MM. Lecours et Guillemare, au lieu de se servir du sulfate de cuivre, ont proposé de chauffer dans leur solution de chlorophylle (procédé *b*), pendant deux à quinze minutes, les légumes ou fruits à verdir. Elle a été employée pour teinter des liqueurs de table ; elle ne résiste pas à la lumière. On a cherché à l'employer, sans grand succès, pour la teinture ; elle n'est pas solide, et cependant, le produit connu en Chine sous le nom de *Lo-Kao*, doit avoir une grande analogie avec la chlorophylle, et il résiste bien à la lumière, comme celui que Verdeil (*Comptes-rendus de l'Ac. des Sciences*, XLVII, p. 442) a retiré des fleurs de chardon et d'artichaut non ouvertes. Ces matières colorantes ont perdu de leur intérêt depuis la découverte des couleurs d'aniline.

M. Gladstone a obtenu des résultats photographiques fort curieux avec la solution alcoolique de chlorophylle que lui ont donné les feuilles de thé. Les caractères tracés sur du papier avec cette solution, quoique absolument invisibles, impressionnent le collodion sensible, et donnent des images comme s'ils étaient colorés.

* **CHLOROPLATINATE.** *T. de chim.* Sel double résultant de l'union du bichlorure de platine, avec un autre chlorure. Il n'en est qu'un qui se prépare industriellement, le *chloroplatinate d'ammoniaque*

$$PtCl^4, 2AzH^4Cl$$

obtenu en mélangeant le chlorure de platine avec une solution saturée de sel ammoniac. Ce sel séché et calciné, donne le platine sous forme d'*éponge de platine*, laquelle comprimée au rouge fournit le métal sous son aspect ordinaire.

* **CHLOROSEL.** *T. de chim.* syn : *chlorures doubles* ; le chloroplatinate d'ammoniaque signalé plus haut est un chlorosel. Certains de ces produits servent dans les arts, tel est le chlorostannate que l'on désigne chez les indienneurs sous le nom de *pink-salt* ou *sel d'étain pour rose,* et qui peut servir à obtenir des couleurs d'application ou des couleur-vapeur.

* **CHLOROSPINELLE.** *T. de minér.* Aluminate de magnésie, de coloration verte, et qui diffère du spinelle rouge, par la présence d'un peu de peroxyde de fer, lequel s'est substitué à l'alumine. Il se trouve surtout dans les monts Ourals.

* **CHLORURATION.** *T. de chim.* Transformation du chlorure.

CHLORURE. *T. de chim.* Sel qui résulte de l'union du chlore avec divers autres corps simples, comme les métalloïdes ou les métaux; ou composés, comme un grand nombre de substances organiques.

Propriétés. Ils sont généralement solides, quelques-uns sont liquides (chlorures d'étain, d'antimoine), d'autres sont gazeux (chlorure de cyanogène, etc.)

La plupart des chlorures sont solubles dans l'eau, cependant le chlorure de plomb, les protochlorures de cuivre, d'or, et de platine, le sont fort peu, et le protochlorure de mercure ne l'est pas. Ceux qui sont insolubles deviennent solubles lorsqu'on les calcine au rouge avec du carbonate de

potasse ou de soude. La chaleur ne les modifie pas ; excepté ceux d'or et de platine, qui sont décomposés au rouge ; mais tous sont détruits par la calcination avec du charbon. L'hydrogène les réduit également. Ils s'unissent entre eux pour former des chlorures doubles :

$$PtCl^4 + 2KCl = PtCl^6K^2$$

ou chloroplatinate de potasse.

Caractères spéciaux. Les chlorures se reconnaissent aux caractères suivants :

1° En solution, ils donnent, avec l'azotate d'argent, un précipité blanc, caillebotté, insoluble dans l'eau, devenant violet, puis noir, à la lumière ; ce précipité est insoluble dans l'acide azotique, et très soluble dans l'ammoniaque et dans les hyposulfites alcalins ; 2° chauffés avec du bioxyde de manganèse et de l'acide sulfurique, ils dégagent du chlore par la chaleur ; 3° avec l'acide sulfurique, ils donnent de l'acide chlorhydriqne, (ceux d'argent, d'étain et de mercure exceptés), qui se dégage sous forme de fumées blanches ; 4° chauffés avec de l'acide azotique, ils produisent de l'eau régale, qui dissout l'or (pas avec le chlorure d'argent) ; 5° ils ne précipitent ni par l'azotate, ni par le chlorure de palladium ; 6° distillés avec de l'acide sulfurique et du bichromate de potasse, ils forment du chromate de chlorure de chrôme, liquide rouge sang qui, avec l'ammoniaque, donne un liquide jaune de chromate d'ammoniaque.

Préparation. On peut les obtenir d'un grand nombre de manières :

1° Par l'action du chlore sur les métaux : la combinaison s'effectue souvent avec chaleur et lumière (chlorure d'antimoine) ; 2° par la dissolution des métaux dans l'acide chlorhydrique (chlorure ferreux, chlorure de zinc) ; 3° en attaquant les oxydes ou les carbonates par l'acide chlorhydrique (chlorures de potassium, de calcium, de magnésium), ou des sulfures, par le même acide (chlorures de baryum, d'antimoine) ; 4° en dissolvant dans l'eau régale les métaux que l'acide chlorhydrique n'attaque pas (chlorures d'or, de platine) ; 5° en attaquant par le chlore un mélange d'oxydes et de charbon, à l'aide de la chaleur (chlorure d'aluminium) ; 6° en distillant un sulfate avec du chlorure de sodium, pourvu que les chlorures formés soient volatils (chlorures de mercure) ; 7° en précipitant par l'acide chlorhydrique ou une solution de chlorure de sodium, les sels dont le chlorure est insoluble (protochlorure de mercure, chlorure d'argent).

Dosage. On dose ordinairement les chlorures sous forme de chlorure d'argent insoluble ; cette opération est quelquefois désignée sous le nom de *chlorurométrie.*

La réaction qui se passe est la suivante :

$$AgO, AzO^5 + NaCl = AgCl + NaO, AzO^5$$

ou encore

$$AgAzO^3 + NaCl = AgCl + NaAzO^3$$

On prépare une liqueur normale avec 17 grammes d'azotate d'argent pur, que l'on dissout dans l'eau distillée, de façon à former 1000 centimètres cubes ; on a ainsi une solution, dont chaque centimètre cube renferme 0ᵍ,017 de sel, et qui précipite exactement 0ᵍ,00355 de chlore.

Pour doser un chlorure, on en prend un poids exact, et le dissout dans un volume donné d'eau distillée, après l'avoir rendu soluble, s'il ne l'était pas.. Puis on prend, par exemple, 10 centimètres cubes de cette liqueur, on les met dans un vase placé sur une table assez élevée, et on y verse goutte à goutte, à l'aide d'une burette graduée en centimètres cubes ou dixièmes de centimètres cubes, de la liqueur d'argent, jusqu'à ce qu'une goutte ne précipite plus. Comme cet instant de l'opération est difficile à constater, on arrive à le rendre très sensible, en ajoutant au liquide chloruré, quelques gouttes d'une solution faible de bichromate de potasse, après avoir eu soin de s'assurer que la liqueur n'est pas acide. On doit la neutraliser dans le cas contraire. L'argent forme avec le bichromate de potasse, un précipité rouge de chromate d'argent ; mais, comme ce dernier ne se forme que lorsque tout le chlore a été enlevé, dès que l'on voit apparaître une teinte rose, c'est qu'il n'y a plus de chlorure dans la solution. L'opération est terminée. Il ne reste plus qu'à multiplier le nombre de divisions employées par 0,00355, pour savoir combien il y avait de chlore dans la liqueur.

Usages. L'emploi des chlorures est tellement grand, que nous ne pouvons indiquer dans des généralités, à quoi peuvent servir ces corps. Nous donnerons à chacun des plus importants, les indications voulues pour montrer l'emploi que l'on en peut faire.

Nous ne décrirons que les caractères des chlorures utilisés dans l'industrie.

Chlorure d'aluminium. Syn. : *chloralum.* $Al^2Cl^3 = Al^2Cl^6$. C'est un corps cristallisé en prismes hexagonaux, d'un blanc jaunâtre, volatils, très fusibles, déliquescents. Quand il est anhydre, il se dissout dans l'eau, en faisant entendre un léger bruit, et si l'on évapore la solution, on obtient des cristaux qui gardent douze équivalents d'eau. La solution aqueuse portée à l'ébullition finit par se décomposer, en déposant de l'alumine, et formant de l'acide chlorhydrique :

$$Al^2Cl^6 + 3(H^2O) = 6(HCl) + Al^2O^3$$
$$\text{ou } Al^2Cl^3 + 3(HO) = 3(HCl) + Al^2O^3$$

Aussi ne peut-on jamais l'obtenir anhydre par évaporation d'une solution. Par électrolyse, il se dédouble en chlore et en aluminium (Buff.). Il est soluble dans l'alcool.

Préparation. (*a*) On l'obtient anhydre : 1° par l'action du chlore sec sur l'alumine. On fait un mélange de 100 parties d'alumine, (obtenue surtout avec la bauxite), avec 40 parties de noir de fumée, et assez d'huile pour faire une pâte bien homogène ; on la calcine fortement dans un creuset, puis on concasse la masse en petits fragments, que l'on met dans une cornue en grès. Quand celle-ci est rouge de feu, on fait arriver un courant de chlore sec (Gay-Lussac et Thénard).

$$Al^2O^3 + 3C + 3Cl^2 = 3(CO) + Al^2Cl^6.$$

2° Dans l'industrie, lorsque l'on prépare ce corps, lequel sert à extraire l'aluminium, on agit

de la même manière, mais en faisant simplement une pâte avec l'alumine et le goudron ; on la met en boulettes que l'on dessèche à l'étuve, à la température de 100 à 150°, on calcine dans des cornues comme dans l'opération précédente, puis on fait agir le chlore (H. Sainte-Claire Deville).

(*b*) Le chlorure hydraté s'obtient en dissolvant de l'alumine dans l'acide chlorhydrique, et concentrant à pellicule, pour obtenir des cristaux.

Dans toutes ces préparations il est indispensable d'éviter la présence du fer, qui colore les produits en jaune.

Usages. Il est répandu dans le commerce, comme antiputride et désinfectant, sous le nom de *chloràlum*. Il sert chez les mégissiers, et est même leur principal auxiliaire, pour rendre les cuirs inaltérables à l'air. Après avoir décharné et débourré les cuirs, on les met en contact avec une solution faite en mélangeant le chlorure de sodium et l'alun, et contenant par conséquent le chlorure d'aluminium.

Les fabricants de drap l'emploient pour l'*épaillage* chimique de la laine (Brevet Joly, 11 sept., 1873), surtout pour les étoffes petit teint, parce que, contrairement aux acides libres, sous l'influence d'une chaleur de 50°, il se décompose, et met en liberté de l'acide chlorhydrique, lequel peut détruire les époutils ou débris végétaux, que l'on rencontre si souvent dans les laines. Cette action se fait sans que l'étoffe soit altérée, perde de sa souplesse ou de sa solidité, et sans que l'opération nuise aux teintures ultérieures. Après l'épaillage, on dégorge l'étoffe avec de la terre à foulon, pour enlever toute trace de chlorure, puis on lave à grande eau.

Chlorure d'ammonium. Syn. : *chlorhydrate d'ammoniaque*. — V. Ammoniacaux, (Sels). Nous ajouterons aux renseignements déjà donnés les suivants :

Etat naturel. Le chlorure d'ammonium se retrouve à l'état naturel dans quelques plantes, ainsi que dans certains liquides de l'économie, comme le suc gastrique. Sous le nom de *salmiac*, il constitue une espèce minéralogique, qui cristallise en cubes ou en octaèdres transparents, à éclat vitreux, de coloration blanche ou jaunâtre. Sa densité est de 1,52 ; il est sublimable. On le trouve en masses terreuses, déposées sur les laves volcaniques, au Vésuve, à Lipari, dans l'Etna, etc.

Préparation. Dans l'industrie on ne le prépare pas comme dans le procédé décrit à l'art. Ammoniacaux lequel sert surtout pour les laboratoires.

1° On l'obtient avec l'ammoniaque résultant de la distillation sèche des os ou de la houille, ainsi que de la distillation de l'urine putréfiée, en saturant ensuite par l'acide chlorhydrique ; 2° en neutralisant directement les eaux du gaz, par l'acide chlorhydrique, et évaporant ensuite le liquide. Ce procédé fonctionne dans certaines usines d'Angleterre ; ainsi, à Liverpool, une seule maison prépare par ce moyen, pendant l'hiver, environ 15,000 kilogrammes de sel ammoniac brut par semaine : 3° en utilisant les résidus de la fabrication de la colle d'os, et du phosphore. On précipite le phosphate de calcium dissous dans l'acide chlorhydrique, par le carbonate d'ammoniaque, et décante les liqueurs claires pour les évaporer et obtenir le chlorure d'ammonium ; 4° en Allemagne, près Stassfurt, on en fabrique en employant les eaux-mères qui, proviennent du traitement de la carnallite, et desquelles on a enlevé le chlorure de potassium. Elles contiennent du chlorure de magnésium, qui, précipité par les produits empyreumatiques de la distillation sèche des os, donne du chlorure d'ammonium ; 5° un procédé autre consiste à mélanger l'eau contenant du carbonate d'ammoniaque, avec une solution concentrée de sel marin, et à faire passer dans le mélange un courant d'acide carbonique. On obtient du chlorhydrate d'ammoniaque et du bicarbonate de soude (procédés Dyar et Hemming, Schlœsing). On le sublime ensuite par les moyens décrits aux sels ammoniacaux.

Usages. L'industrie emploie le chlorhydrate d'ammoniaque pour l'étamage et le zincage du cuivre, du fer, du laiton ; pour souder ces métaux ; pour préparer le *mastic de fer* (1 partie sel ammoniac, 2 parties soufre, 50 parties limaille de fer). Il sert dans l'impression des tissus ; dans la fabrication de certaines couleurs. Il est parfois employé encore dans les usines où l'on extrait le platine, et dans la fabrication de la mousse de platine.

Dans l'industrie chimique, il sert à préparer l'ammoniaque pure, les divers sels ammoniacaux, les chlorures doubles de magnésie, zinc, manganèse, étain, antimoine, etc. Il entre dans la composition du tabac à priser. En médecine il est considéré comme stimulant.

Chlorure d'antimoine (Proto-). Syn. : *beurre d'antimoine, trichlorure d'antimoine*. $Sb^2Cl^3 = SbCl^3$. Anhydre, il est solide, cristallisé en tétraèdres incolores, demi-transparent, d'éclat gras et de toucher onctueux ; il fond à 72°, et se volatilise à 225° ; il est déliquescent. Il se décompose en présence d'un excès d'eau, et fournit alors un oxychlorure insoluble (*poudre d'Algaroth*), et de l'acide chlorhydrique :

$$3(Sb^2Cl^3) + 7(HO) = Sb^2Cl^3, 2(Sb^2O^3), HO + 6(HCl).$$

Il se combine à l'acide chlorhydrique pour faire un chlorhydrate de chlorure, et aux autres chlorures pour donner des chlorures doubles.

Préparation. 1° par distillation de 1 partie d'antimoine et de 2 parties de bichlorure de mercure ; ou du chlorure de sodium avec du sulfate d'antimoine ; 2° en dissolvant de l'antimoine métallique dans l'eau régale ; 3° en faisant passer un courant de chlore sur de l'antimoine ou du sulfure d'antimoine en excès ; 4° en traitant le sulfure d'antimoine par l'acide chlorhydrique. Il y a dégagement d'acide sulfhydrique.

$$Sb^2S^3 + 3(HCl) = Sb^2Cl^3 + 3(HS).$$

On concentre la liqueur, et pour le purifier, après chacune des opérations décrites, on le distille.

Usages. Il sert à bronzer les canons de fusil, et

en général, le fer. Il laisse à la surface de ce corps une légère couche d'antimoine métallique qui préserve le fer d'une oxydation ultérieure. C'est un caustique violent qui sert à brûler les plaies de mauvaise nature, et à cautériser les morsures dangereuses.

Chlorure d'argent. Ag Cl. Ce corps, préparé artificiellement, n'a pas d'emploi; cependant les minerais d'argent sont souvent transformés en chlorure pour l'extraction du métal; pour faire l'argent vierge, on réduit le chlorure par divers procédés.

Etat naturel. La *cérargyre* est en petits cristaux cubiques, translucides, d'éclat résineux, de couleur gris-perle, brunissant à l'air. D=5,37. Elle fond sur les charbons. On la trouve en masses souvent assez volumineuses, au Mexique, au Chili, en Saxe.

La *mégabromite* est un chlorure d'argent qui contient 25 0/0 de brôme. Tous deux servent à l'extraction de l'argent. — V. Argent.

Chlorure de baryum. Ba Cl, 2 (HO) = Ba″ Cl^2, 2 (H^2O). Il est en petites lamelles rhomboïdales, de saveur âcre et désagréable; il est vénéneux, inaltérable à l'air. Il est soluble dans l'eau : 43,5 0/0 à 15°, et 77 0/0 à 105° ; peu soluble dans l'alcool absolu (1/400e); insoluble dans l'acide chlorhydrique concentré. Il décrépite par la chaleur, perd son eau, puis fond au rouge vif.

Préparation. 1° On calcine dans un four à réverbère, un mélange de sulfate de baryte pulvérisé, de charbon, et de chlorure de manganèse :

$$BaO, SO^3 + MnCl + 4C = BaCl + MnS + 4(CO).$$

Le produit de cette opération, qui est en partie soluble, est lessivé à l'eau chaude, avec le moins d'eau possible. Il se dépose par refroidissement des cristaux de chlorure de baryum assez pur (Kuhlmann); 2° un procédé analogue consiste à calciner, et reprendre par l'eau bouillante, un mélange de sulfate de baryte, de chlorure de calcium et de charbon. Cette méthode a l'inconvénient de fournir du sulfhydrate de calcium, qui, étant soluble, reste avec le chlorure dans la liqueur. On évite cet inconvénient en ajoutant au produit un peu de carbonate de chaux (Godin), lequel formant un oxysulfure insoluble, élimine le sel de calcium ; 3° dans les pays où l'on exploite le carbonate de baryte naturel (*withérite*), on emploie ce dernier corps. On le pulvérise, le dissout par l'acide chlorhydrique, puis y ajoute un léger excès de carbonate, pour précipiter le fer qui a pu se dissoudre. Alors on évapore jusqu'à cristallisation. Le chlorure de baryum se dépose, tandis que les chlorures de strontium et de calcium formés, restent dans les eaux-mères.

Usages. Il sert à préparer les sels de baryte, notamment le sulfate, dont l'industrie emploie des quantités considérables, soit pour la peinture, soit pour la fabrication des papiers imitant le linge, si répandus actuellement. On l'utilise pour corriger les eaux sulfatées, servant à la teinture ou l'impression, ou celles trop calcaires pour être employées à l'alimentation des chaudières à vapeur. En chimie, c'est le réactif de l'acide sulfurique et des sulfates. La médecine l'emploie dans les affections dartreuses.

Chlorure de calcium. Ca Cl, 6 (HO) = Ca″ Cl^2, 6 (H^2O). Ce sel est incolore, amer, cristallisé en prismes à six pans, terminés par des pyramides; il est très déliquescent, très soluble dans l'eau, qui en dissout 15 0/0 à froid. Fondu, il perd son eau ; et par la calcination, il fournit de la chaux et du carbonate de calcium. Lorsqu'il est fondu, il dégage de la chaleur en s'hydratant; mais, lorsqu'il est cristallisé, et qu'on le mêle à l'eau, il abaisse la température. Mêlé à de la neige, il peut donner un froid de — 40°. Lorsqu'il est desséché et fondu, et qu'il est resté exposé à la lumière, il a la propriété d'être lumineux dans l'obscurité, aussi l'a-t-on appelé pour cette raison *phosphore de Homberg*. Il est soluble dans l'alcool, et les solutions saturées laissent cristalliser ce corps avec de l'alcool d'interposition.

Il est décomposé au rouge par la vapeur d'eau, en donnant de l'acide chlorhydrique. Pelouze a signalé ce nouveau mode de préparation de cet acide. — V. Calcium.

Etat naturel. Il constitue le corps que l'on nomme *hydrophilite* ; il se trouve aussi dans les eaux de la mer, des rivières, des puits ; dans les matériaux salpétrés.

Préparation. 1° Faire passer du chlore sur de la chaux portée au rouge; 2° dissoudre de la chaux, ou du carbonate de calcium, dans l'acide chlorhydrique ; 3° dans l'industrie, on l'obtient en reprenant par l'eau, les résidus de fabrication de l'ammoniaque. La liqueur étant alcaline, on sature par l'acide chlorhydrique, et on évapore à siccité.

Usages. Ce corps, très avide d'eau, sert pour dessécher les gaz, les liquides (excepté l'ammoniaque, car il forme avec elle une combinaison, ($CaCl^2 + 8 Az H^3$). Cette même propriété a fait proposer de l'ajouter à l'eau qui sert à l'arrosage des grandes villes ; il fixe la poussière, en absorbant la vapeur d'eau.

En 1836, Gaudin a conseillé de l'employer en solution très étendue, pour combattre les incendies ; il forme à la surface des corps imbibés d'eau, une couche vitreuse qui arrête la combustion.

Chlorure chromique. Cr^2Cl^6. Il est en masses lamellaires, d'aspect micacé, et de coloration violette, il est insoluble dans l'eau froide.

On l'obtient en décomposant le sulfure de chrome par le chlore, ou en chauffant au rouge, dans un courant de chlore, de l'oxyde de chrome mêlé à du charbon.

On en a proposé l'emploi, comme matière colorante, pour les papiers peints. Son prix est jusqu'à ce jour trop élevé, pour qu'il soit industriel.

Chlorure cuivreux. $Cu^2Cl = Cu^2Cl^2$. Sel blanc, fusible, volatil, à peu près insoluble dans l'eau, soluble dans l'acide chlorhydrique sans décomposition, dans l'ammoniaque.

Etat naturel. Il constitue la *nantokite*, qui, à l'air, se transforme en *atacamite*, chlorure avec oxyde,

de couleur verte, lequel se trouve en masses assez abondantes, et est exploité comme minerai de cuivre, au Chili (Atacama), en Bolivie, en Australie.

Préparation. 1° Faire passer du chlore sur du cuivre en excès, porté au rouge ; 2° attaquer le cuivre, à chaud, par l'acide chlorhydrique, concentrer la liqueur pour faire cristalliser.

Usages. Sa dissolution chlorhydrique est un désoxydant aussi énergique que le protochlorure d'étain ; elle précipite l'or. Sa solution ammoniacale sert pour absorber l'oxyde de carbone.

Chlorure d'étain (Proto-). Syn. : *sel d'étain.* $SnCl, 2(HO) = SnCl^2, 2(H^2O)$. Il se présente sous forme de petites aiguilles, ou, lorsqu'il est pur, en octaèdres réguliers, contenant deux équivalents d'eau ; il est incolore, transparent, répand une odeur de poisson pourri ; il s'altère à la lumière en jaunissant, et s'oxydant. Il se dissout facilement dans l'eau, mais sa solution s'altère et laisse promptement déposer un sel basique ; une addition d'acide tartrique empêche cette séparation. Il enlève l'oxygène et le chlore, à tous les corps qui en sont saturés ; cette réaction a lieu, même à froid. Il précipite en brun par l'hydrogène sulfuré.

Préparation. Il s'obtient à l'état cristallisé, en dissolvant de la grenaille d'étain dans de l'acide chlorhydrique, et évaporant la solution à 60 ou 66° Baumé. Il se prend en masses, et constitue ainsi le *sel d'étain* du commerce. Lorsqu'on le veut en petites aiguilles, il suffit de troubler la cristallisation par une agitation continue.

Nöllner le prépare par l'action de l'acide chlorhydrique, tel qu'il se dégage des cornues. On le concentre dans des chaudières d'étain, en présence de ce métal granulé, pour éviter toute altération. Küngel a proposé pour l'obtenir à bon marché, de se servir des déchets de ferblanc, qui contiennent 5 à 6 0/0 d'étain.

On le prépare anhydre, par l'action du gaz chlorhydrique sec sur l'étain, ou bien en distillant du bichlorure de mercure avec de l'étain.

Usages. Le sel d'étain est très employé dans l'industrie des toiles peintes. Il sert comme réducteur, pour l'indigo, le peroxyde de fer, le bioxyde de cuivre. Dans les ménages, on utilise cette propriété pour enlever les taches de rouille qu'offre souvent le linge. Il sert comme mordant, principalement pour la préparation des couleurs rouges avec la cochenille ; dans la teinture en garance, et en rouge d'Andrinople ; pour l'avivage et le rosage. Dans l'impression, on l'emploie comme rongeant, sur les fonds faits avec les peroxydes de fer ou de manganèse, en laissant les couleurs qui peuvent avoir été mises en dessous, comme celles obtenues avec le fernambouc ou la graine de Perse, le bleu de Prusse, le chromate de plomb, etc. Il sert, seul, ou avec le concours d'un acide ou d'un alcali, à préparer les toiles destinées à l'impression des couleurs à vaporiser.

En 1835, Girardin a signalé son utilité pour reconnaître la présence de l'acide sulfureux dans l'acide chlorhydrique. En versant ce dernier acide sur du sel d'étain, et ajoutant un peu d'eau, s'il y a de l'acide sulfureux, il se forme une coloration jaune, il se dégage de l'acide sulfhydrique et se fait un dépôt brun de sulfure d'antimoine.

Chlorure d'étain (Bi-). Syn. : *liqueur fumante de Libavius* $SnCl^2 = SnCl^4$. A été découvert au XVI^e^ siècle. C'est un liquide mobile, incolore ou légèrement jaunâtre, répandant à l'air des fumées blanches, en absorbant la vapeur d'eau. D = 2,28. Il est décomposé par l'eau, en donnant de l'acide stannique. Il dissout un grand nombre de corps, comme le soufre, l'iode, le phosphore, sans attaquer les oxydes ou les chlorures.

Préparation. On l'obtient : 1° en chauffant l'amalgame d'étain avec du bichlorure de mercure ; 2° en distillant le sulfate d'étain anhydre, avec le sel marin ; 3° en faisant passer un courant de chlore sec, sur de la grenaille d'étain, dans une cornue en verre tubulée, légèrement chauffée. La combinaison s'effectue avec lumière. Pour lui enlever le chlore qui le colore souvent en jaune, on le rectifie sur du mercure ou sur du sel d'étain.

Usages. Il est employé pour fabriquer la fuchsine. Il sert encore pour teindre, avec le vert à l'iode, sur laine et demi-laine, d'après le procédé indiqué en 1869, par Th. Peters, de Chemnitz.

Chlorure d'étain (Bi-) **hydraté.** Syn. : *oxymuriate d'étain,* $SnCl^2, 3(HO) = SnCl^4, 3(H^2O)$. Il est d'un blanc grisâtre, solide, amorphe, déliquescent, très acide, de saveur caustique, moins odorant que le chlorure stanneux. En solution dans l'eau, il s'altère très vite, jaunit, et laisse déposer des flocons d'acide stannique. Il n'est pas désoxydant des sels métalliques. Il précipite en jaune par l'hydrogène sulfuré.

Préparation. Il se prépare : 1° en traitant l'étain par l'eau régale. La liqueur d'abord grise, devient jaune et limpide, dès que la réaction est terminée ; 2° en faisant passer un courant de chlore en excès, dans une solution de protochlorure d'étain, ou dans les eaux-mères ayant servi à obtenir ce produit. On concentre jusqu'à ce qu'il se solidifie par refroidissement.

Usages. Il sert dans la teinture en rouge, comme mordant pour laine et pour coton ; pour l'impression, pour les couleurs d'application et les couleurs-vapeur.

Chlorure de fer. Syn. : *perchlorure de fer.* $Fe^2Cl^3 = Fe^2Cl^6$. Lorsqu'il est anhydre, il est en paillettes violettes, est soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther. Sa solution aqueuse donne, par évaporation, des cristaux retenant 4 à 6 équivalents d'eau ; elle est décomposée au rouge par la vapeur d'eau ; elle précipite la gomme, et coagule l'albumine.

Etat naturel. On rencontre dans la nature un chlorure de fer appelé *molysite,* qui se trouve en enduits d'un rouge brun, ou en efflorescences jaunes, sur les laves du Vésuve ; il est très altérable.

Préparation. 1° Pour l'obtenir anhydre, on fait passer un courant de chlore sec sur du fer chauffé au rouge ; 2° en dissolution, il se prépare en attaquant le fer par l'acide chlorhydrique étendu, et faisant passer un courant de chlore, jusqu'à ce que

la liqueur ne précipite plus par le ferri-cyanure de potassium. On chauffe la solution à 50°, puis on y fait circuler un courant d'air, pour enlever les dernières traces de chlore.

Usage. Il est employé dans la photographie.

Chlorure de magnésium. $MgCl, 6(HO) = MgCl^2, 6(H^2O)$. Ce corps se présente, quand il est anhydre, en lamelles blanches et micacées; hydraté, il est en aiguilles incolores. Il est amer, déliquescent, décomposable à une température peu élevée, en acide chlorhydrique et magnésie. Il forme des chlorures doubles.

$$MgCl + HO = HCl + MgO$$
$$\text{ou } MgCl^2 + H^2O = MgO + 2(HCl).$$

Etat naturel. Il existe dans l'eau de mer, en notable quantité. La *tachydrite,* que l'on trouve à Stassfurt, est du chlorure de magnésium uni à du chlorure de calcium hydraté.

Préparation. On peut préparer ce corps à l'état anhydre: 1° en brûlant du magnésium dans du chlore sec; 2° en mélangeant du chlorure de magnésium hydraté avec un excès de sel ammoniac, et calcinant au rouge vif, dans un creuset de platine; 3° en décomposant la magnésie par le chlore au rouge, ou en calcinant la magnésie avec du sel ammoniac; 4° le chlorure hydraté s'extrait des eaux-mères des salins. A Giraud, en Camargue, on le prépare comme résidu de la fabrication du sel marin. On concentre les eaux à 28° Baumé, puis on les refroidit à —18° centigrades. A cette température le sulfate de soude se dépose. L'eau-mère amenée de nouveau à 34° Baumé, laisse séparer le sel marin; une nouvelle concentration à 38° Baumé permet d'obtenir le chlorure de magnésium; 5° en Allemagne, on le sépare par la concentration des eaux-mères de Stassfurt. C'est un dérivé accessoire de l'extraction des sels de potassium.

Usages. Il sert à la préparation du magnésium, au moyen du sodium:

$$MgCl + Na = Mg + NaCl$$

Pelouze a préconisé son emploi pour l'obtention de l'acide chlorhydrique, par simple calcination. Muterse a cherché à s'en servir pour l'extinction des incendies (1 kilogramme par hectolitre d'eau), pour les raisons qui ont également fait préconiser le chlorure de calcium.

Chlorure de manganèse. $MnCl = MnCl^2$. C'est un produit accessoire de la fabrication du chlore.

$$MnO^2 + 4(HCl) = MnCl^2 + 2(H^2O) + Cl^2$$

Il a été trouvé au Vésuve, en petite quantité. Il porte alors le nom de *scacchite.* Muenzing l'a proposé comme agent de conservation des matières organiques, mais il n'a guère encore trouvé d'usages, à cause des frais considérables qu'exige sa transformation en peroxyde de manganèse.

Chlorure de mercure (Proto-). Syn.: *calomel.* $Hg^2Cl = Hg^2Cl^2$. Il existe sous trois formes: cristallisé, par sublimation; en poudre ténue obtenue par l'intermédiaire de la vapeur d'eau; en poudre amorphe due à une précipitation.

Il est blanc, cristallisé en prismes, volatil sans fusion, vers 420° centigrades; insoluble dans l'eau; décomposable par la lumière: $Hg^2Cl = HgCl + Hg$. L'acide chlorhydrique, ou les chlorures, le transforment en bichlorure à 35 ou 40°; cette réaction se produit très vite à l'air, en présence des acides ou des matières organiques. Trituré avec la potasse, la soude ou l'ammoniaque, il noircit.

Etat naturel. Il cristallise en prismes à base carrée, translucides, d'éclat adamantin, et de coloration blanc-grisâtre, ou jaunâtre. C'est le *calomel natif,* que l'on a trouvé à Moschellandsberg (Palatinat); à Idria.

Préparation. Pour l'avoir cristallisé: 1° on distille du sulfate de protoxyde de mercure avec du chlorure de sodium. Il se forme un peu de bichlorure, que l'on enlève par des lavages à l'eau bouillante:

$$Hg^2SO^4 + 2(NaCl) = Na^2SO^4 + Hg^2Cl^2$$
$$\text{ou } Hg^2O, SO^3 + NaCl = Hg^2Cl + NaO, SO^3.$$

2° On broye dans un mortier de verre ou de bois, 4 parties de bichlorure de mercure avec 3 parties de mercure métallique, jusqu'à ce que tout le métal soit éteint. On sublime dans un matras.

$$HgCl + Hg = Hg^2Cl.$$

3° pour l'obtenir à la vapeur, on chauffe le protochlorure cristallisé, et on dirige les vapeurs de ce corps dans un milieu rempli de vapeur d'eau. Dans l'industrie on condense ces vapeurs dans de vastes chambres en maçonnerie, où il se solidifie par refroidissement; 4° le calomel précipité ou *précipité blanc,* s'obtient par voie de double décomposition, en mettant en présence une solution d'azotate de protoxyde de mercure avec une solution de chlorure de sodium, et lavant le précipité:

$$Hg^2O, AzO^5 + NaCl = Hg^2Cl + NaO\,AzO^5.$$

5° en dissolvant le bichlorure dans l'eau, et faisant passer un courant d'acide sulfureux; ajoutant de l'eau, puis faisant bouillir pour chasser l'acide sulfureux.

Chlorure de mercure (Bi-). Syn.: *Sublimé corrosif.* $HgCl = HgCl^2$. Il est solide, blanc, cristallisé en octaèdres; sa saveur est âcre, styptique; il est très vénéneux. Il est soluble dans l'eau, 7/00 à 15° et 53 0/0 à 100°; de sa solution saturée et bouillante, se séparent des cristaux en prismes droits. Il est très soluble dans l'alcool; dans l'eau, avec l'aide du chlorhydrate d'ammoniaque. Il fond à 265° centigrades, et bout à 300°. Il est réduit facilement par divers agents, comme les tartrates, le sucre, la gomme; il coagule l'albumine, en faisant avec elle une combinaison insoluble. Avec les chlorures alcalins, il forme des sels doubles ayant pour formule $HgCl^2 + 2(MCl)$; tel est le *sel alembroth,* qui est à base d'ammoniaque.

Préparation. On peut le préparer: 1° en chauffant ensemble, dans un matras à fond plat, un mélange de 5 parties de sulfate de bioxyde de mercure, 1 partie de bioxyde de manganèse et 5 parties de chlorure de sodium. Les cristaux se forment par sublimation; 2° dans certaines usines d'Angleterre, on l'obtient en faisant arriver du chlore gazeux sur le mercure légèrement chauffé; 3° en dissolvant le sulfate mercurique basique, dit *turbith minéral,*

dans l'acide chlorhydrique à chaud. Ce procédé est employé en Allemagne (Wagner); 4° en faisant digérer le protoxyde de mercure sur du chlorure de magnésium (Wagner).

Usages. On l'utilise pour la conservation des bois, des pièces anatomiques; il sert à préparer certaines couleurs d'aniline; il est employé dans l'impression des tissus.

Chlorure d'or (Tri-). $AuCl^3$. Il est en cristaux jaunes, déliquescents. Chauffé à 160°, il se change en protochlorure, et à 200° se décompose, en donnant de l'or spongieux. Sa solution est facilement réduite en présence de la lumière, des matières organiques, des corps avides d'oxygène, ou des métaux; il est soluble dans l'eau, l'alcool, l'éther; il colore la peau, la laine, la soie, en violet. Avec le chlorure stanneux étendu, il donne une coloration violette (*pourpre de Cassius*). Il est réduit à l'état métallique par l'acide oxalique, les sels ferreux; c'est par cet artifice qu'on obtient l'or très divisé. Il est oxydant indirect, à la façon du chlore. Il forme avec les chlorures des sels doubles, dont deux sont surtout employés en photographie :

Le chlorure d'or et de potassium

$$2(AuCl^3, KCl)+5(H^2O);$$

le chlorure d'or et de sodium

$$AuCl^3, NaCl+2(H^2O).$$

Préparation. Dissoudre l'or dans l'eau régale, et évaporer au-dessous de 100°.

Usages. Employé en médecine et en photographie pour le virage des épreuves sur papier. Il sert également ponr la dorure électrique.

Chlorure de platine (Tétra-). Syn.: *bichlorure.* $PtCl^2=PtCl^4$. Ce sel cristallise en aiguilles d'un rouge-brun. Par la chaleur, il dégage du chlore. En solution, il attaque les matières organiques, et les colore en brun. Il se combine avec les chlorures alcalins, pour faire des sels doubles.

Préparation. Dissoudre le platine dans l'eau régale.

Usages. Réactif des sels de potasse; platinage des métaux par voie électrique.

Chlorure de plomb. Syn. : *céruse de Pattinson.* $PbCl=PbCl^2$. Corps solide, qui cristallise en lamelles blanches et soyeuses, de saveur fade et sucrée; fusible au rouge, il se prend par refroidissement en une masse cornée, translucide (*plomb corné*), mais il se volatilise au rouge. Chauffé à l'air, il se transforme en oxychlorure. Il est peu soluble dans l'eau, 1 partie dans 135 d'eau à 12°; est inaltérable à l'air. Les oxychlorures que l'on obtient en fondant de la litharge avec du chlorure de sodium, servent en teinture comme couleurs jaunes, désignées sous les noms de *jaune de Turner* et *jaune de Cassel.*

Etat naturel. Il est désigné sous le nom de *cotunnite*, et cristallise en prismes rhomboïdaux droits, à éclat adamantin ; il est coloré en blanc ou en jaune. Il a été trouvé sur la lave, au Vésuve. Comme minerais de plomb, on peut encore citer : la *matlockite*, qui est un chlorure avec oxyde, et se rencontre à Matlock (Derbyshire); la *mendipite* à Mendip Hills (Somersethire); la *percylite*, à la Sanora (Mexique), qui ont la même composition; enfin le *phosgenite*, à Matlock, et en Sardaigne, qui est un chlorure avec carbonate de plomb.

Préparation. 1° Faire arriver du chlore sur du plomb, chauffé au rouge; 2° dissoudre l'oxyde de plomb dans l'acide chlorhydrique, et faire évaporer.

Usages. Pattinson a recommandé, comme succédané de la céruse, le chlorure de plomb basique, obtenu en mélangeant une solution bouillante de ce sel, avec son volume d'eau de chaux saturée. Il se dépose aussitôt un précipité blanc,

$$PbCl^2+Pb(H^2O)$$

qui sert en peinture.

Chlorure de potassium. Syn. : *sel digestif, sel de Sylvins.* KCl. Ce chlorure est anhydre, cristallisé en cubes, ou en prismes rectangulaires; de saveur salée et amère. Sous l'action de la chaleur, il décrépite, fond, puis se volatilise. Il est soluble dans l'eau, qui en dissout 29,23 0/0 à 0°, et 59,3 0/0 à 100°; il est peu soluble dans l'alcool. Sa dissolution dans l'eau abaisse la température, ainsi, lorsqu'on dissout 51 grammes de ce sel, réduit en poudre, dans 200 grammes d'eau, on abaisse le degré de celle-ci de 11°,4. Il absorbe la vapeur d'acide sulfurique anhydre, pour faire un chlorosulfate.

Etat naturel. Il est connu en minéralogie sous le nom de *sylvine*, qui cristallise en cubes transparents, d'éclat vitreux et de saveur salée. D=1,9. Il se trouve abondamment à Stassfurt, près Magdebourg, en Gallicie. On en extrait de grandes quantités des eaux-mères des marais salants, du traitement des cendres de varechs, ainsi que de celles d'autres végétaux; on le retire aussi des eaux du raffinage du salpêtre.

Préparation. Dans les laboratoires on peut l'obtenir : 1° par l'action directe du chlore sur le potassium; 2° par l'action du chlore sur la potasse solide, et légèrement chauffée; 3° en dissolvant de la potasse, ou du carbonate de potassium, dans l'acide chlorhydrique:

$$KO+HCl=KCl+HO$$

$$KO,CO^2+HCl=KCl+HO+CO^2$$

4° dans l'industrie, on peut encore en extraire dans les savonneries, lorsque l'on transforme les savons de potasse, en savons de soude, en faisant réagir le chlorure de sodium sur les premiers. Le commerce obtient surtout le chlorure de potassium, par les procédés suivants : 5° le traitement de la *carnallite*, chlorure double de potassium et de magnésium ($KCl+MgCl^2+6(H^2O)$), que l'on trouve très abondamment à Stassfurt. La carnallite impure (Kalisalz) ne contient que 61 0/0 de chlorure, dont 16 0/0 seulement de chlorure de potassium. On met le sel pulvérisé dans de grandes cuves en fonte, avec de l'eau, puis on chauffe à la vapeur, en favorisant la dissolution par l'agitation. Après trois heures, on laisse déposer, et décante le liquide clair. Cette solution est concentrée jusqu'à 32° Baumé, et est alors amenée dans des cristallisoirs, où elle abandonne du chlorure de potassium impur; renfermant encore des chlo-

rures de sodium et de magnésium. Les eaux-mères concentrées à 36° Baumé, donnent pendant la vaporisation des cristaux de chlorure de sodium, que l'on enlève, puis par refroidissement, une nouvelle quantité de sel de potassium. Le sel livré au commerce par l'usine de Stassfurt contient de 85 à 90 0/0 de chlorure de potassium, et vaut, à Paris, 20 francs les 100 kilogrammes ; 6° le traitement des eaux-mères des marais salants. Balard est parvenu à utiliser la potasse et l'acide sulfurique, contenus dans les eaux-mères, en se servant de la propriété qu'a le sulfate de soude, d'être très peu soluble à une basse température. L'eau-mère à 28° Baumé, contient du sulfate de magnésium, des chlorures de magnésium, potassium, sodium, etc. ; par le refroidissement à — 18° (obtenu avec les machines Carré, à l'ammoniaque), on amène une double décomposition :

$$MgO,SO^3+NaCl=MgCl+NaO,SO^3,$$
$$\text{ou } MgSO^4+2NaCl^2=MgCl^2+Na^2SO^4,$$

le sulfate de soude formé se dépose, et les chlorures restent en solution. On essore le sulfate, et concentre les liqueurs en les portant à l'ébullition; le chlorure de sodium se sépare en petits cristaux, que l'on enlève. Lorsque le liquide est à 36° Baumé, on l'amène dans des réservoirs, où il laisse déposer des cristaux de *carnallite artificielle*. Ceux-ci, lavés à l'eau froide, perdent leur chlorure de magnésium et le chlorure de potassium reste cristallisé. Ce procédé employé par M. Merle, à Alais, et dans la Camargue, a été légèrement modifié par lui et M. Balard. La concentration se fait à ciel ouvert, sur le sol, jusqu'à 35° Baumé. L'eau dépose alors un sel mixte, formé de chlorure de sodium et de sulfate de magnésie, lequel, refroidi à — 4°, donne lieu à la décomposition indiquée, et les eaux-mères fournissent la carnallite artificielle que l'on traite comme il a été déjà dit; 7° le traitement des cendres de varechs. Les varechs étant séchés, on les entasse dans des fosses en briques, pour les incinérer à l'air libre, ou les carbonise en meules closes (Moride) ou dans des cylindres de fonte (Stanford). Le résidu cristallin que l'on obtient est complexe; il ne contient guère que 30 0/0 de chlorures. On le concasse, et le met sur de larges filtres pour l'épuiser par l'eau, en faisant arriver le liquide filtré sur le second appareil, puis sur le troisième, et ainsi de suite. La solution finit par marquer 31° Baumé; elle a surtout entraîné les chlorures de potassium et de sodium. Une seconde opération donne un nouveau liquide qui peut marquer 19° Baumé. On réunit ces liqueurs, et les évapore, pour les concentrer à 35° Baumé. Pendant l'opération, le chlorure de sodium se sépare, on l'enlève avec des écumoirs ; la liqueur bouillante est envoyée ensuite dans des cristallisoirs, où se dépose le chlorure de potassium, que des lavages à l'eau froide débarrasseront du sel de soude qu'il a pu garder en cristallisant,

Usages. L'industrie des produits chimiques emploie de très grandes quantités de chlorure de potassium. Il sert, en effet, à faire les sels de potasse, en transformant certains sels de soude (surtout l'azotate) en sel de potasse; il entre dans la préparation de l'alun de potasse, du chlorate de potasse, du chromate de même base, et surtout du sulfate de potasse, qui, traité par le procédé Leblanc, fournira le carbonate de potasse. La chlorure de potassium est beaucoup employé pour les engrais chimiques.

Chlorure de sodium. Syn. : *sel de cuisine, sel marin, sel gemme*. NaCl. Ce produit, le plus connu, et le plus répandu de tous les chlorures, est cristallisé en cubes, ou en octaèdres ; mais la plupart du temps, quand la cristallisation se fait sur de grandes quantités de solution, en trémies, résultant du groupement des cubes ; il se trouve également dans le sol en masses compactes, ou en lits puissants, de structure fibreuse et de coloration variable, blanche, grise, rose ou rouge, bleue, verte, noire, suivant la nature du terrain dans lequel on retrouve ces dépôts. Il contient fréquemment, surtout lorsqu'il est extrait de mines, des gaz emprisonnés dans sa masse, et principalement de l'hydrogène, ou des carbures d'hydrogène.

Les cristaux sont transparents ou translucides, diathermanes, anhydres, mais contenant de l'eau d'interposition. Sa densité est de 2,078. Soumis à l'action de la chaleur, il décrépite par suite de la réduction de l'eau en vapeur, puis fond au rouge, à 772°, et se volatilise partiellement au rouge blanc. Il a une saveur salée franche. Il est soluble dans l'eau, qui en dissout 26,5 0/0 à 15°, et 29,2 0/0 à 102° ; sa solution saturée bout à + 109°4 et se congèle à — 18,4. Il est insoluble dans l'alcool absolu. Mélangé à la neige, il produit un froid intense; un mélange de 32 parties de sel, et de 100 parties de neige, donne — 21° (Rüdorff).

Il est précipité de ses solutions saturées par l'acide chlorhydrique, ce qui le différentie du chlorure de potassium; traité par l'acide sulfurique, il donne de l'acide chlorhydrique et du sulfate de soude :

$$SO^3,HO+NaCl=HCl+NaO,SO^3,$$
$$\text{ou } SHO^4+NaCl=HCl+NaSO^4.$$

Mélangé avec le carbonate d'ammoniaque, il forme du carbonate acide de soude. Ces deux réactions sont très utilisées dans l'industrie.

Etat naturel. Le chlorure de sodium est excessivement répandu dans la nature; il existe dans l'économie animale, et se retrouve dans presque tous les liquides de l'organisme, plasma du sang, salive, suc gastrique, mucus, pus, etc. ; dans les végétaux, surtout les plantes marines. Sa source la plus grande de production est l'eau de la mer.

Provenance	Résidu pour 1,000 gr. d'eau	Densité de l'eau de mer
Mer Caspienne	6.3	1.005
Mer Noire.	17.6	1.013
Mer Baltique	17.7	»
Mer du Nord	30.0 à 35	»
Océan Pacifique. . . .	32.0 à 35	1.026
Océan Atlantique . . .	35.0 à 36	1.027
Mer Méditerranée. . .	37.0 à 38	1.0285
Mer Rouge	43.0 à 45	1.039
Mer Morte.	270.0 à 280	1.099
Lac salé de l'Utah. . .	330.0	»

L'eau de mer n'a pas partout la même composition, son degré de salure varie avec la profondeur, et aussi avec la surface d'étendue de cette mer ; on peut s'en assurer par le tableau de la page 327.

Quant à la nature des substances contenues en dissolution dans l'eau de mer, elle varie également, comme on peut le voir par le tableau suivant qui indique la composition du résidu fourni par l'évaporation de 1,000 grammes d'eau.

Composition du résidu de l'évaporation	Mer du Nord	Mer Méditerranée	Océan Atlantique	Mer de la Manche	Mer d'Azof	Mer Noire
Chlorure de sodium	23.580	29.424	25.180	25.704	9.651	14.019
— de potassium	1.010	0.505	»	0.094	0.128	0.189
— de magnésium	2.770	3.219	2.940	2.905	0.887	1.304
— de calcium	»	6.080	»	»	»	»
Bromure de sodium	»	0.556	»	0.103	»	»
— de magnésium	»	»	»	0.030	»	0.005
Sulfate de magnésie	1.990	2.477	1.750	2.462	0.764	1.470
— de chaux	1.110	1.357	1.600	1.210	0.288	0.105
— de soude	»	»	0.270	»	»	»
Carbonate de chaux	»	0.114	»	0.132	0.022	0.365
— de magnésie	»	»	»	»	0.129	0.209
Oxyde de fer	»	0.003	»	»	»	»
Silicate de soude	»	»	»	0.017	»	»
Total	30.460	43.735	31.740	32.657	11.869	17.666

Il convient d'ajouter, que bien d'autres substances ont encore été trouvées dans l'eau de mer, telles que du sulfure de cuivre, des chlorures de plomb, de cuivre et d'argent. Ce dernier sel y est en bien trop minime quantité pour pouvoir être extrait avec profit, mais il n'y existe pas moins en proportions sensibles ; ainsi, on a calculé qu'il y a 1,000 kilogrammes d'argent dans un myriamètre cube d'eau du grand Océan. Notons encore la présence du fluor, de l'arsenic, de zinc, de nickel, de cobalt, de cœsium, de rubidium, que l'on a retrouvés dans les cendres des varechs. Dans le sol on a rencontré une variété de chlorure de sodium hydraté, que l'on a désignée sous le nom de *hydroalite*, mais la variété qui forme d'immenses gisements est connue sous le nom de *sel gemme*. Il a été retrouvé pour ainsi dire dans tous les terrains, et dans presque tous les pays. — V. Sel gemme.

Extraction du chlorure de sodium. L'eau de mer est concentrée, soit par évaporation spontanée, ou à l'aide de la chaleur, soit par congélation. Nous renvoyons pour les détails à l'article Salins.

Usages. Dans l'industrie, le chlorure de sodium sert pour le vernissage des poteries, en faisant avec l'argile, par la chaleur, un silicate d'alumine et de soude, vitreux, et très fusible, qui glace la surface des vases. Chez les mégissiers, on l'emploie pour la confection d'un mordant d'alun ; dans la tannerie, pour préparer les peaux à l'épilage ; dans la métallurgie de l'argent, pour chlorurer le métal, en le grillant en même temps (procédé Augustin, et procédé par amalgamation).

L'agriculture l'utilise en très grande quantité, bien que ce ne soit pas un engrais, et que son excès rende le sol stérile (déserts d'Afrique, d'Asie, d'Amérique). Les animaux le recherchent avec avidité (pierre à lécher), mais il n'influence pas la rapidité de l'engraissement, ou la quantité de nourriture consommée ; il est surtout utile dans les lieux froids et humides, ou bien lorsque l'on donne des fourrages avariés (foins mouillés, fermentés), ou encore des résidus de brasserie ou de distillerie (il remplace alors les matières minérales qui ont pu être enlevées).

L'industrie chimique emploie ce chlorure pour faire un grand nombre de produits : l'acide chlorhydrique, le chlore, l'eau de javelle, le chlorure de chaux, le sulfate de soude, puis le carbonate de même base, par le procédé Leblanc ; la soude artificielle. Il sert à l'extraction du sodium, de l'aluminium, et entre dans la fabrication des savons, des verres à base de soude.

Il est employé pour la conservation des matières alimentaires, en les desséchant et les rendant imputrescibles. La salaison a été pratiquée en Egypte, de toute antiquité ; les momies n'ont pu arriver jusqu'à notre époque, que grâce à la grande quantité de sel qui avait servi à conserver les corps. Les viandes sont préparées avec le sel en dissolution (saumure), ou le sel à l'état solide (bœuf salé ou tasojo de l'Amérique du sud, lard) ; un grand nombre de poissons sont conservés de cette manière (morue, hareng, saumon, thon, maquereau, sardine, anchois) ou avec la fumaison ou le saurissage (harengs, maquereau, saumon, anguille, etc.). En Chine on garde les œufs dans l'eau salée ; c'est aussi avec le sel que l'on peut expédier, sans altération, les œufs d'esturgeons qui constituent le caviar. Les légumes sont aussi parfois salés, tels sont les haricots verts, les cornichons, ou les fruits, comme les olives ; il ne faut pas oublier la choucroute, si recherchée par les habitants de l'Est, et qui est obtenue en laissant fermenter, puis en salant des choux divisés en tranches minces. Une grande partie du beurre consommé est salée, soit avec le sel ordinaire, soit avec un mélange de sel, sucre et nitrate de potasse.

Chlorure de soufre (Proto-). $S^2Cl = S^2Cl^2$. C'est le seul des divers composés du soufre et du chlore, qui soit utilisé dans l'industrie. C'est un liquide mobile, oléagineux, de coloration brune, à odeur suffocante ; sa densité est de 1,68 ; il

répand des vapeurs à l'air, bout à 136°. Sous l'action de la chaleur, il se volatilise, et répand des vapeurs qui sont très lourdes (D' = 4,77).

Il se décompose en contact avec l'eau, en donnant de l'acide sulfureux et de l'acide chlorhydrique, avec un peu d'acide sulfurique et un léger dépôt de soufre. Il dissout le soufre, en forte proportion (66,7 0/0 à saturation), le brôme, l'iode. Il est soluble dans le sulfure de carbone, l'alcool, l'éther ; mais finit par décomposer les deux derniers. Il agit énergiquement sur les huiles végétales. Il attaque un grand nombre de corps : l'étain, les sulfures d'arsenic et d'antimoine, à froid ; l'antimoine à l'ébullition ; il forme dans ce cas des chlorures, et donne un dépôt de soufre, souvent cristallisé en aiguilles et octaèdres.

PRÉPARATION : 1° faire passer un courant de chlore lavé et sec, dans du soufre fondu, et chauffé à 125 ou 130°. Il distille en entraînant du soufre, que que l'on sépare par une seconde distillation; 2° distiller un mélange de 1 partie de soufre, avec 9 parties de chlorure stannique, ou 8 parties 1/2 de chlorure mercurique.

Usages. Il est très employé pour vulcaniser le caoutchouc. On mélange la solution saturée de soufre(à 66,7 0/0) avec de la benzine, et fait agir sur le caoutchouc. MM. Roussin, puis Perra, ont montré son action sur les huiles végétales siccatives ; il peut les transformer en de véritables vernis, inaltérables à l'air et transparents (5 0/0 du poids de l'huile de lin, de colza); on forme, avec une plus grande quantité de chlorure (25 0/0), des corps solides, durs et transparents, avec lesquels on a fait des manches de couteau, des boîtes, des rouleaux d'imprimerie, etc.

Chlorure de vanadium. Syn. : *dichlorure de vanadyle*, *oxychlorure vanadeux*. $VaCl^2$. Il est solide, cristallisé, vert clair, hygrométrique ; il se décompose lentement en contact avec l'eau ; est soluble dans l'eau, l'alcool, l'acide azotique. Il a été trouvé à l'état naturel au Mexique, c'est la *zimapanite*.

PRÉPARATION : 1° Dissoudre le sesquioxyde de vanadium dans l'acide chlorhydrique ; 2° chauffer du trichlorure, avec du zinc, à 400°, en tubes scellés ; pour le purifier, on le chauffe ensuite à 130°, dans un courant d'acide carbonique.

Usages. M. Antony Guyard a préconisé, en 1876, l'emploi de ce corps pour obtenir le noir d'aniline ; il en suffit d'une partie pour transformer en noir 500 parties de sel d'aniline.

Chlorure de zinc. $ZnCl = ZnCl^2$. Ce corps, lorsqu'il est anhydre, est solide, blanc, déliquescent, en flocons, qui cristallisent en aiguilles par la sublimation. Il s'hydrate avec l'eau, et forme alors des octaèdres à l'équivalent d'eau.

Il fond à 250°, est très soluble dans l'eau ; et déshydratant. Sa solution aqueuse est de saveur brûlante, très vomitive ; elle dissout les fibres végétales, quand elle est très concentrée, et la soie (Persoz). Son avidité pour l'eau le fait agir avec énergie sur l'alcool, qu'il éthérifie ; sur les huiles ou matières grasses, qu'il saponifie.

PRÉPARATION (*a*) Anhydre : 1° faire tomber du zinc finement laminé dans du chlore sec ; 2° distiller un mélange de 1 partie de limaille de zinc, avec du bichlorure de mercure ; ou du sulfate de zinc, avec du chlorure de sodium :

$$ZnSO^4 + 2(NaCl) = ZnCl^2 + Na^2SO^4$$
$$\text{ou } ZnO,SO^3 + NaCl = ZnCl + NaO,SO^3$$

(*b*) Hydraté : 1° dissoudre du zinc, son oxyde ou son carbonate, dans de l'acide chlorhydrique. Comme le métal est souvent ferrugineux, on fait passer un courant de chlore dans la solution ; le fer se précipite en chlorure ferrique insoluble. On chauffe pour enlever l'excès de chlore, et s'il reste des traces de fer, on ajoute un peu d'oxyde de zinc. Le fer se dépose à l'état de sesquioxyde ; 2° par voie de double décomposition, avec le sulfate de zinc et le chlorure de sodium à 0° ; ou par le sulfate, avec le chlorure de calcium ; 3° c'est un produit accessoire dans les fabriques de carbonate de soude et d'acide sulfurique. On fait agir l'acide chlorhydrique sur la blende (sulfure de zinc), en utilisant l'acide sulfhydrique dégagé pour faire de l'acide sulfureux et de la vapeur d'eau, par la combustion.

Usages. Il sert comme déshydratant, en place d'acide sulfurique, pour épurer l'huile d'olive, transformer la garance en garancine, saponifier les graisses, éthériser les alcools, faire le parchemin végétal.

Il est employé pour injecter les traverses de chemins de fer, et en assurer la conservation. Il sert à décomposer le chlorure de chaux (Varrentrapp et Rostaing) ; à blanchir la pâte à papier, à coller celui-ci.

Mélangé au chlorhydrate d'ammoniaque, il est utilisé pour souder. C'est un mordant employé chez les indienneurs, pour fixer les bleus d'aniline solubles, sur cotonnades. Il sert dans la peinture (Sorel). En mêlant de l'oxyde de zinc à une solution de chlorure à 58° Baumé, contenant 2 0/0 de carbonate de soude, on a un mélange applicable sur bois, fer, toile, qui a été expérimenté aux chantiers de Brest, et est reconnu être plus économique et plus résistant que la peinture ordinaire. Il résiste aux frottements et aux lavages. Mêlé à la fécule de pommes de terre, ou au sulfate de baryte, au blanc de zinc, ce chlorure forme un ciment plastique, qui durcit immédiatement, et sert pour les dentistes, ou à ceux qui font les moulages pour ornements.

CHLORURES DOUBLES

Nom donné à quelques sels qui résultent en général de l'union de deux chlorures. Quelques-uns d'entre eux sont très employés dans l'industrie.

Chlorure d'aluminium et de sodium. Al^2Cl^3, NaCl. C'est un corps solide, cristallisé, qui fond à 200° et cristallise, par refroidissement ; il est peu altérable, inodore, et fixe à la température ordinaire.

PRÉPARATION. On l'obtient : 1° en pulvérisant séparément 1 partie d'alumine (on préfère celle qui a été préparée avec la bauxite), 1 partie de sel marin, et 3 parties de charbon de bois ; on agglutine avec un peu d'eau, pour donner à la masse

une consistance molle, puis on forme des boulettes, que l'on sèche à l'étuve entre 100 et 150° ; on calcine ensuite dans des cornues en terre réfractaire, en portant au rouge cerise. Le chlorure double étant volatil, distille, et se condense dans un récipient convenable, à 200° ;

$Al^2O^3 + NaCl + 3C + 3Cl = 3(CO) + Al^2Cl^3, NaCl$

2° en saturant l'aluminate de soude par l'acide chlorhydrique (Merle, de Salyndres).

Usages. Sert par sa décomposition à obtenir l'aluminium.

Chlorure double de calcium et de magnésium. Ca Cl, Mg Cl. Constitue la variété minéralogique que l'on désigne sous le nom de *tachydrite*. Elle se trouve à Stassfurt, et est jaune et déliquescente.

Elle sert à l'extraction de la magnésie et de ses sels.

Chlorure double de magnésium et de potassium. $K Cl (Mg Cl)^2, 4 H O$. Cette substance, très abondante également dans les mines de Stassfurt, porte le nom de *carnallite*. Elle est en prismes rhomboïdaux, mais plus souvent en masses transparentes, incolores ou rougeâtres ; est soluble dans l'eau. Elle contient 27,0/0 de chlorure de potassium, et 34 0/0 de sel de magnésium.

Préparation. On l'obtient artificiellement par le traitement des eaux-mères des marais salants, en laissant écouler dans des cristallisoirs, où ils se refroidissent, les liquides portés à l'ébullition, et concentrés à 34° Baumé. Les cristaux une fois séparés, servent de même que la carnallite, à préparer les sels de potasse. Il suffit de les agiter pendant une heure, avec la moitié de leur poids d'eau ; le chlorure de magnésium très hygrométrique, se dissout, et laisse le chlorure de potassium dans un grand état de pureté.

Usages. Obtention de la potasse.

Chlorure de magnésium et de sodium. $Na Cl, 2 (Mg Cl), 2 (H O)$. Ce sel s'obtient en concentrant ensemble des solutions des deux chlorures. Il est depuis quelque temps très employé, notamment en Angleterre, à Salford, chez M. Soudstadt, pour isoler le magnésium ; en employant le sel double, au lieu du chlorure simple, on a obtenu un plus fort rendement, ce qui a permis d'abaisser le prix du magnésium.

Chlorure de platine et d'élaïle.

$$Pt Cl^2, H^3 Cl^2$$

On l'obtient en dissolvant du chlorure de platine dans de l'alcool, évaporant la dissolution au bain-marie, redissolvant, et évaporant à nouveau plusieurs fois.

Usages. Il sert à décorer les objets de verre ou de porcelaine. Si l'on plonge ces corps dans une dissolution très étendue du sel, et si on les chauffe immédiatement au-dessus d'une lampe, on obtient la décomposition du chlorure, et une couche miroitante de platine métallique.

Chlorure de zinc et d'ammoniaque. $Zn Cl, Az H^4 Cl$. Il s'obtient en dissolvant du sel ammoniac, dans du chlorure de zinc concentré.

Usages. Ce sel sert à décaper. Mis en contact avec les métaux, il met à nu leur surface, et forme des alliages bien plus fusibles que les alliages ordinaires. C'est par l'emploi de ce produit que l'on arrive facilement à étamer le cuivre ou le fer, avec l'étain, le plomb, le zinc ; le zinc est facilement soudé avec l'étain ou le plomb, par son emploi ; il en est de même du plomb, avec l'étain.

CHLORURES DÉCOLORANTS

Syn. : *chlorures désinfectants. T. de chim.* Cl O, M. Nom donné, dans le langage ordinaire, à certains hypochlorites, à cause des propriétés qu'ils possèdent.

Bien que l'acide hypochloreux n'ait été découvert qu'en 1834, l'hypochlorite de potasse était déjà employé pour le blanchiment dès 1789 ; c'était le corps désigné à cette époque sous le nom d'*eau de Javelle*, à cause du village de ce nom, qui se trouvait alors près Paris.

Caractères. Ces produits sont solides ou liquides, en général solubles dans l'eau ; ils se décomposent facilement, même à la température ordinaire ; deviennent des chlorates mélangés de chlorures, à l'ébullition ; et sont détruits par les acides, même l'acide carbonique de l'air, avec dégagement d'acide hypochloreux (l'acide chlorhydrique est le seul qui fasse exception, il dégage du chlore). Ils détruisent les matières organiques colorées, d'où leur emploi comme décolorants.

Préparation. On peut les obtenir : 1° en saturant une dissolution d'acide hypochloreux par des hydrates d'oxydes métalliques (soude, potasse, chaux, baryte, magnésie ; oxydes de zinc, de cuivre) ; 2° en faisant passer un courant de chlore, jusqu'à saturation, dans une dissolution étendue de bases (soude, potasse, lait de chaux, etc.)

Dosage. — V. Chlorométrie.

Usages. Employés comme décolorants et désinfectants.

Parmi les principaux chlorures décolorants, il faut citer les suivants :

Chlorure d'alumine. Syn. : *hypochlorite d'aluminium, liqueur décolorante de Wilso.*

$$Al^2(OH)^6Cl^6 = Al^2Cl^6 + Al^2(ClO^4)(?) = Al^2Cl^6O^3$$

Ce produit, préconisé récemment par Orioli, s'obtient en mélangeant une solution de chlorure de chaux avec du sulfate d'alumine. Il agirait très bien, selon Orioli, dans le blanchiment, à cause de l'oxygène ozonisé qu'il dégage en se décomposant :

$$Al^2(OH)^6Cl^6 = 3O + 3(H^2O) + Al^2Cl^6$$

ou $Al^2Cl^6O^3 = O^3 + Al^2Cl^6$.

Chlorure de baryte. Syn. : *hypochlorite de baryum.* $Ba O, Cl O = Ba^2 O Cl^2$. Il se prépare comme le précédent. Il a été surtout recommandé pour le blanchiment, et l'apprêt des tissus, parce que, si on le traite par l'acide sulfurique, il donne, en même temps qu'un dégagement d'acide hypochloreux, un dépôt de sulfate de baryum, pouvant être utilisé.

Chlorure de chaux. Syn. : *hypochlorite de chaux, poudre de blanchiment, poudre de Tennant, de Knox.* C'est le plus important de tous les chlorures décolorants. $Ca O, Cl O = Ca^2 O Cl^2$.

— Il a été indiqué, pour la première fois, par Descroizilles, de Rouen, puis introduit en Angleterre par Tennant, et préparé industriellement, en grand, par Mackintosh, en 1798. Ce ne fût que bien plus tard que l'on se décida à l'employer en France.

Propriétés. Il est blanc, amorphe, pulvérulent, et dégage une forte odeur d'acide hypochloreux ou de chlore ; il se dissout bien dans l'eau, en laissant un résidu d'hydrate de chaux. Avec les acides, même ceux peu énergiques, il dégage de l'acide hypochloreux; mais, comme il contient souvent du chlorure de calcium, l'acide, avec l'acide chlorhydrique provenant de la décomposition du chlorure, donne du chlore et de l'eau.

$$CaO,ClO+SO^3,HO=ClO+CaO,SO^3,HO;$$

et l'acide hypochloreux avec l'acide chlorhydrique, du chlore et de l'eau : $ClO+HCl=Cl^2+HO$. On explique encore autrement la réaction, en disant que l'acide élimine l'acide hypochloreux, et que l'oxygène de celui-ci oxyde le calcium du chlorure, car:

$$CaO,ClO+CaCl+2(SO^3,HO)=2(CaO,SO^3,HO)+Cl^2.$$

Il agit sur les matières organiques, sur les substances colorées, en les décomposant. Dissous dans l'eau, il est livré à l'industrie marquant 9 à 10° Baumé ; cette solution est décomposée à froid, par les bioxydes de manganèse, de mercure, de cuivre, le sesquioxyde de fer, avec dégagement d'oxygène.

Préparation. (*a*) *Hypochlorite sec.* On commence par choisir de la chaux ne contenant pas de fer ou de manganèse, pour avoir un produit bien blanc ; et surtout, exempt de magnésie, ce qui donnerait au chlorure des propriétés hygrométriques ; puis, on éteint cette chaux vive, avec de l'eau que l'on fait tomber en pluie. On a remarqué que la chaux qui prend le plus de chlore, est celle qui a été mouillée avec assez d'eau pour peser un tiers de plus qu'auparavant; un excès d'eau empêche la chloruration. La chaux éteinte est tamisée ; on la garde en poudre huit à dix jours, avant d'en faire usage. Pour préparer l'hypochlorite, on introduit cette chaux sur les gradins de chambres rectangulaires, disposées de façon à ne pouvoir être attaquées par le dégagement de chlore. Dans le principe, ces chambres en maçonnerie goudronnée et revêtue d'un enduit d'asphalte, recevaient des rayons ou placets en bois, également vernis; mais comme l'on était souvent obligé de renouveler les rayons après fort peu de temps, on préfère actuellement employer, soit des dalles en pierre ou en grès, soit des lames de verre; parfois la chambre et les gradins sont même totalement en plomb. On met donc sur ces gradins une couche de chaux de 7 à 12 centimètres d'épaisseur, on ferme la chambre avec une porte en bois doublé de plomb ; on lute bien à l'argile toutes les ouvertures, puis on fait arriver par la partie supérieure de la chambre, un courant de chlore, préparé, soit avec le bioxyde de manganèse naturel ou régénéré, soit par le procédé Dunlop. Le gaz sec est absorbé ; il se développe une certaine quantité de chaleur, mais il faut régler le dégagement de chlore, pour que la température ne dépasse pas 55° (Scheurer-Kestner), parce que, sans cela, il se formerait du chlorate de calcium, qui n'a pas de propriétés décolorantes. En général, on reconnaît que l'opération est terminée, à la teinte jaune que prend l'atmosphère de la chambre (ce que l'on peut observer par un carreau incrusté dans la porte), ou au dégagement de gaz se faisant par un tube de sortie réservé en un point de la chambre. On arrête alors l'opération, en faisant dégager le gaz dans une seconde chambre, située à côté de la première, puis on ouvre la porte, et après avoir donné deux heures environ d'aération, on peut pénétrer dans la pièce, mais avec précaution. On enlève l'hypochlorite à la pelle, pour l'embariller immédiatement dans des fûts bien secs, et garnis intérieurement de papier. Le chlorure préparé en hiver est toujours un peu mieux saturé qu'en été.

Dans quelques usines, la chambre à chlorurer n'offre pas de gradins, comme dans l'appareil que nous venons de décrire ; elle se compose simplement d'une vaste caisse en briques bitumées, de 4 mètres de long, sur 1 mètre de large et $0^m,53$ de hauteur. Cette chambre présente deux compartiments : le premier, plus profond que le second, est destiné à recevoir l'eau du chlore, que l'on ne prend pas le soin de dessécher; le second est celui qui supporte la chaux éteinte et mouillée. Le chlore arrive par une des extrémités de la caisse, dans le petit compartiment, et peut en sortir, après saturation, par un tube de dégagement ménagé à l'autre extrémité. Avec deux caisses parallèles, on réalise une fabrication continue, comme dans la méthode précédente.

Avec 140 kilogrammes de chaux éteinte, on peut obtenir 200 kilogrammes de chlorure, en 24 heures. Ce chlorure contient, lorsqu'il est de bonne qualité, 100 litres de chlore par kilogramme; il est toujours hydraté, et renferme 32,7 0/0 de chlore, 51 0/0 de chaux et 16,3 0/0 d'eau.

(*b*) *Solution de chlorure de chaux.* Pour obtenir cette solution, on fait arriver un courant de chlore dans des tonneaux, ou dans des chambres rectangulaires en pierre imperméable, contenant un lait de chaux à 2 0/0 et munis d'agitateurs en bois, destinés à remuer continuellement le liquide. Ce produit est concentré jusqu'à ce qu'il marque 9° à 10° Baumé, ce qu'il est facile de vérifier, par suite de la présence d'un tube latéral en verre, qui partant du fond de la chambre, se termine en entonnoir, et offre toujours une quantité suffisante de solution, pour pouvoir en prendre facilement la densité. Dans cette opération, ainsi que dans la fabrication du chlorure sec, il faut éviter une saturation complète, et une trop forte élévation de température, parce que, d'après Schlieper, Riche, etc., des solutions concentrées dégagent de l'oxygène, tandis que celles qui sont étendues donnent du chlorate de calcium. Le chlorure de chaux liquide n'a pas la même composition que le chlorure sec, il n'a pas non plus les mêmes propriétés. Il renferme 43,9 0/0 de chlore, 34,1 0/0 de chaux et 22 0/0 d'eau ; il est donc bien plus actif sous cette forme, que sous l'état pulvérulent.

Théorie de sa formation. Diverses opinions existent sur la nature du produit qui nous occupe. La

plus ancienne théorie est celle qui regarde le chlorure de chaux, comme un mélange d'hypochlorite de chaux, de chlorure de calcium et d'eau. Lorsque le chlore rencontre l'hydrate de chaux, une partie de l'oxygène de celui-ci, se combine au chlore, pour faire de l'acide hypochloreux, lequel s'unit à la chaux non décomposée. Le calcium mis en liberté forme avec le chlore un chlorure, car

$$2(CaO,HO)+Cl=CaO,ClO+CaCl+2(HO)$$

ou $Ca(OH)^2+2(Cl^2)=Ca(ClO)^2+CaCl+2(H^2O)$.

D'après Frésénius, cette composition du chlorure de chaux ne saurait être admise ; pour lui, ce produit est un mélange de 1 molécule d'hypochlorite $Ca(ClO)^2$, avec deux molécules de chlorure basique de la formule $CaCl,2(CaH^2O^2)+2(H^2O)$. Les travaux de Kolb (*Annales de Physique et de Chimie,* 1867, p. 266) portent à admettre que l'eau fait partie intégrante du chlorure sec, car on ne peut l'obtenir anhydre; on le décompose lorsqu'on le chauffe trop, et il garde toujours 14,8 0/0 d eau. Pour lui, le produit serait représenté par la formule $2CaO,HO,Cl+CaO,HO$ ou $(Ca'')^3,H^6O^6,Cl^4$ qui correspondent à $2Cl+3(CaO,HO)$. MM. Riche, Scheurer-Kestner en France; C. Göpner, Wolters, Richters et Juncker, ont encore repris cette étude, et de leurs travaux il résulte, que le chlorure de chaux n'est pas un mélange d'hypochlorite et de chlorure (avec chaux en excès) mais bien une combinaison de chlore et de chaux, à laquelle s'ajoutent, sous forme d'hydrate de chaux, et mécaniquement, de grandes quantités de chaux caustique. C'est cette dernière qui donne de la stabilité au produit. Cette nouvelle théorie est celle qui est la plus généralement acceptée aujourd'hui, à l'exclusion même de celle de Kolb.

Nous avons dit que le chlorure liquide n'avait pas la même constitution que le chlorure sec; il n'a pas non plus les mêmes propriétés. Ainsi tandis que le produit sec n'est pas altéré par un excès de chlore, celui liquide devient acide. Le corps solide, chauffé entre 40° et 90°, se convertit en chlorate ; il faut porter la solution à l'ébullition pour obtenir le même résultat. L'influence de la lumière solaire est egalement variable : elle agit comme la chaleur, mais moins énergiquement ; la solution se transforme au contraire partiellement en chlorite, et dans l'un et l'autre cas, il se dégage de l'oxygène (Kolb, Riche). La constitution de la solution de chlorure de chaux n'est pas encore connue d'une manière précise, et divers chimistes lui assignent une composition tout à fait opposée, on peut toujours dans tous les cas, admettre dans la pratique, que dans ses éléments décolorants, c'est la combinaison du chlore avec la chaux ou l'hydrate de chaux, qui agit.

Usages. Le chlorure de chaux est employé depuis la fin du siècle dernier, pour le blanchiment des tissus, de la pâte à papier; pour nettoyer les vieilles estampes, les livres jaunis, enlever les taches d'encre. Il faut, dans toutes ces applications, plonger les corps dans une solution faible du chlorure, l'y laisser quelques instants, et laver très complètement à grande eau.

Dans l'impression sur étoffes, il est employé pour faire quelques genres, ainsi pour produire des dessins blancs sur tissus colorés en rouge turc. On imprime les dessins avec de l'acide tartrique épaissi à la gomme, et on plonge ensuite le tissu pendant une minute, dans une dissolution de chlorure de chaux. L'action du corps ne se fait sentir que là où se trouve l'acide.

Les hypochlorites sont des agents de désinfection. Dès 1807, Masuyer, de Strasbourg, le recommandait pour détruire les miasmes, et assainir les hôpitaux, salles d'amphithéâtre, urinoirs ; et tous les lieux en général, où peuvent se trouver des matières organiques animales ou végétales en décomposition; son emploi s'est surtout répandu après les travaux de Labarraque (1822), puis ceux de Chevallier. Il suffit d'en étendre 1 partie avec 150 à 200 parties d'eau, pour l'appliquer à l'assainissement. On l'a proposé encore, lors des embaumements, et des exhumations, pour masquer l'odeur qui se dégage ; pour enlever aux pièces nouvellement peintes à l'huile, l'odeur désagréable qu'elles possèdent. Dans toutes ces applications, l'emploi des hypochlorites est préférable à celui du chlore, parce qu'ils n'abandonnent ce dernier que lentement, et à mesure que l'acide carbonique de l'air les décompose (D'Arcet, Gaultier de Claubry).

Le chlorure de chaux sert à préparer l'oxygène :

$$CaO(H^2O)Cl^2=CaCl^2+O+H^2O.$$

cette décomposition peut même se faire spontanément, si l'on n'a pas eu soin de le tasser fortement lors de l'embarillage, afin de lui donner plus de dureté dans sa masse. On a vu se produire pour cette raison, des explosions assez violentes. 1 kilogramme de chlorure de chaux donne $132^g,2$ d'oxygène ou 92 litres 4.

Le chlorure de chaux en solution à 1/32° est parfois employé en hiver pour la conservation des œufs ; à 1/40° pour celle de la viande.

Agité avec les eaux-de-vie de grain, il leur enlève en partie leur odeur désagréable.

Production. La quantité de chlorure décolorant employé par l'industrie est assez considérable, on en fabrique annuellement en France :

A Saint-Gobain	6.000	tonnes
Chez M. Péchiney	2.000	»
Chez M. Malétra	2.000	»
Chez M. Kuhlmann	1.000	»
A la Compagnie des produits chimiques du Midi	1.500	»
A la Compagnie de Sambre-et-Meuse à Haumont	1.000	»
Total	13.000	tonnes
En Angleterre	200.000	»
En Allemagne	6.000	»

Ce produit vaut de 15 à 20 fr. les 0/0 kilogrammes.

Chlorure de magnésie. Syn. : *hypochlorite de magnésium, liquide décolorant de Ramsay, de Grouvelle.* $MgO,ClO=MgOCl^2$. Ce liquide s'obtient en décomposant le chlorure de chaux par du sulfate de magnésie. C'est un décolorant énergique, qui aurait, d'après les expériences de Jokisch, l'avantage sur le chlorure de chaux, de ne pas agir en même temps comme une

terre alcaline caustique. Il s'emploie surtout pour le blanchiment des tissus fins.

Chlorure de potasse. Syn. : *hypochlorite de potasse, eau de Javelle.* $KO,ClO=KOCl$. Ce corps était employé, dès 1793, par Percy, chirurgien de l'armée du Rhin, pour combattre la pourriture d'hôpital. Hallé a prétendu que lorsqu'on le dilue dans 60 fois son poids d'eau, il constitue un liquide qui à la dose de 60 à 90 grammes, excite l'appétit. Il est toujours en solution.

PRÉPARATION. 1° Faire passer un courant de chlore dans une dissolution de potasse, ou de carbonate de potasse à 7 0/0.

$$2(KOH)+Cl^2=KOCl+KCl+H^2O$$

et $2(K^2CO^3)+Cl^2+H^2O=KOCl+KCl+2(KHCO^3)$

2° lessiver du chlorure de chaux avec de l'eau, et traiter le liquide par du carbonate de potasse ou du sulfate de même base; on a du carbonate ou du sulfate de chaux qui se déposent:

$$CaOCl^2+K^2CO^3=CaCO^3+KCl+KOCl$$
$$CaOCl^2-K^2SO^4=CaSO^4+KCl+KOCl$$

3° d'après M. Planeau, on obtient un chlorure bien plus concentré, en ajoutant du chlorure de chaux (1 kilogramme) à une dissolution froide de potasse, faite dans la proportion de 400 de potasse, pour 3 litres d'eau. On agite, on laisse déposer, et on décante.

Usages. Désinfectant et décolorant. Thénard, en 1815, a fait cesser, par son emploi, une épidémie grave qui régnait depuis quelque temps en Hollande. On attribue l'assainissement du quartier de la Glacière à Paris, de Maisons-de-Seine, près St-Denis, à l'installation des fabriques d'hypochlorites, en ces lieux où régnaient perpétuellement avant des fièvres intermittentes. Il sert de contrepoison dans les asphyxies, par l'hydrogène sulfuré ou les gaz des fosses d'aisances ; on l'emploie en compresses mises sur la bouche, pour éviter l'action de ces gaz délétères. On l'a proposé pour combattre (est-ce possible?) l'empoisonnement par l'acide cyanhydrique.

Chlorure de soude. Syn.: *hypochlorite de soude, liqueur de Labarraque.* $NaO,ClO=NaOCl$. Ce liquide a les mêmes propriétés que le précédent, et se prépare absolument comme lui.

Chlorure de zinc. Syn. : *hypochlorite de zinc, sel décolorant de Varrentrapp.* On l'obtient en mêlant de l'hypochlorite de chaux avec du sulfate, ou du chlorure de zinc. Il se forme de l'hypochlorite, avec précipitation d'oxyde de zinc et de sulfate de chaux dans le premier cas; de chlorure de calcium, dans le second. On laisse reposer et l'on décante.

Usages. Il est plus spécialement employé pour le blanchiment de la pâte à papier. — J. C.

* **CHLORURER.** *T. de chim.* Imprégner de chlore, transformer en chlorure.

CHOC DES CORPS. *T. de méc.* Un nombre assez considérable de machines, telles que les marteaux, pilons, moutons, etc., travaillent par l'action de chocs répétés. Il y a donc un véritable intérêt à étudier théoriquement les effets du *choc* ou de la *percussion*; nous allons résumer ici les principaux résultats obtenus par les physiciens et les mécaniciens, résultats, qui, du reste, ont reçu la confirmation de l'expérience.

— Les premières recherches relatives à cette question datent de 1668 : le problème du choc des corps ayant été mis au concours par la Société royale de Londres, trois mémoires furent présentés par Christophe Wren, Wallis et Huygens. Le premier auteur n'avait traité que le cas du choc central de deux corps dénués d'élasticité, tandis que les deux autres n'avaient étudié que le choc de corps supposés parfaitement élastiques. Plus tard, Huygens développa complètement la théorie du choc dans un mémoire publié en 1703, sous le titre : *De motu corporum percussione.*

A la vérité, il n'existe ni corps parfaitement élastiques, ni corps absolument dénués d'élasticité; toutes les fois que deux corps en mouvement viennent à se rencontrer, la durée du choc, quelque courte qu'elle soit, peut se partager en trois parties. Dans la première, les corps se compriment et se déforment au point de contact: il y a production de travail moléculaire, et, par conséquent, diminution de force vive; pendant la deuxième, ils restent accolés l'un à l'autre, ou glissent l'un sur l'autre, de telle sorte que la composante normale des vitesses des parties en contact est la même; enfin pendant la troisième période, la réaction due à l'élasticité des corps tend à les ramener à leur forme primitive, et à les éloigner, par conséquent, l'un de l'autre: les forces moléculaires effectuent un travail positif, et la force vive augmente.

Si les deux corps étaient absolument élastiques, ils reprendraient à la fin du choc leur forme, leur volume et même leur température initiale, de telle sorte que le travail des forces moléculaires développées pendant le choc serait nul, aussi bien que le dégagement de chaleur. Dans cette hypothèse, le choc ne pourrait modifier en rien la force vive du système, qui ne dépendrait alors que du travail des forces extérieures. Si, au contraire, les corps étaient absolument dénués d'élasticité, la troisième période du choc n'aurait pas lieu et la deuxième phase se poursuivrait indéfiniment; il se produirait alors une déformation permanente représentant un certain travail des forces moléculaires, et s'accompagnant toujours d'un dégagement de chaleur plus ou moins considérable. Il faudrait donc qu'une certaine quantité de force vive, équivalente à cette double dépense d'énergie, disparût. — V. CHALEUR, § *Equivalent mécanique.*

En pratique, alors même que le choc de deux corps ne produit sur chacun d'eux aucune déformation permanente appréciable, il s'accompagne toujours d'un dégagement de chaleur qu'on peut rendre sensible en répétant les chocs sur le même corps à des intervalles très rapprochés. Il en résulte que le choc absorbe toujours une certaine quantité de force vive; mais comme, dans la troisième phase, les réactions moléculaires restituent une partie du travail absorbé dans la première, la perte totale de force vive est moins grande que si les corps étaient totalement dépourvus d'élasticité, et d'autant plus faible qu'ils sont plus élastiques. La plupart des métaux

se comportent à peu près comme s'ils étaient parfaitement élastiques tant que les efforts auxquels on les soumet ne dépassent pas une certaine limite variable avec la nature des corps, tandis qu'ils se rapprochent de plus en plus des corps mous lorsqu'on leur fait subir des pressions de plus en plus considérables. Il n'y a guère que l'ivoire et le caoutchouc qui restent presque complètement élastiques dans des limites de compression assez étendues, au lieu que certains corps, tels que le plomb, se comportent toujours comme s'ils étaient presque absolument dénués d'élasticité.

L'industrie des machines a le plus grand intérêt à savoir calculer dans chaque cas particulier, la perte de force vive produite par un choc. Pour traiter ce problème en toute rigueur, il faudrait savoir comment se développent les forces moléculaires d'un corps soumis à de violents efforts, et l'on ne possède aucune donnée sur cette délicate question. On en est alors réduit à étudier le choc des corps dans les deux cas extrêmes d'une élasticité parfaite, et d'une élasticité nulle. Le problème traité dans la deuxième hypothèse fournira une valeur maximum de la perte de force vive. En prenant cette valeur pour la véritable, on sera sûr de ne se faire aucune illusion sur la puissance mécanique que possèdent encore après le choc, les organes de la machine. Le problème du choc des corps mous, dans lequel il faut faire intervenir le frottement, est donc d'une haute importance; malheureusement il présente des difficultés d'analyse assez considérables, et nous nous bornerons à examiner les cas les plus simples.

Le théorème qui sert de base à toute la théorie du choc, est un théorème bien connu de la mécanique générale.

Les quantités de mouvement perdues par chaque point d'un système matériel font équilibre sur ce système même aux impulsions des forces extérieures.

Pendant la durée du choc, qui est toujours très courte, les réactions moléculaires développées par le choc même produisent des variations de vitesse considérables, tandis que les forces extérieures, pendant le même temps, ne modifient que d'une manière insignifiante les conditions du mouvement. Nous devons en conclure que les réactions moléculaires sont incomparablement plus grandes que les forces extérieures, ce qui nous autorise à négliger ces dernières pendant la durée du choc. Dans l'application du théorème précédent, il ne faudra donc faire intervenir que les réactions développées par le choc.

En particulier si les corps choquants sont libres, les forces moléculaires sont égales et opposées deux à deux, comme dans tout système abandonné aux seules actions et réactions de ses parties, de sorte que l'impulsion totale des forces est nulle. Par suite:

Le choc de deux corps libres n'altère pas la somme des quantités de mouvements des deux corps.

Choc direct. Ce théorème permet de résoudre immédiatement la question du choc direct. C'est-à-dire du choc de deux corps animés de vitesses de translation de même direction ou dans le même sens ou en sens inverse, et se rencontrant en un point où le plan tangent commun est perpendiculaire à la direction commune des vitesses. Le cas de deux corps élastiques est bien connu de tout le monde et sans intérêt pratique. Nous nous contenterons de renvoyer, pour l'étude de cette question, aux ouvrages de physique et de mécanique élémentaires où on la trouvera développée au double de vue de la théorie et de l'expérience.

Dans le cas de deux corps mous, les deux corps restent accolés, et les vitesses à la fin du choc sont les mêmes: on aura donc, en écrivant que la quantité de mouvement reste invariable et, en désignant les masses par M et M', les vitesses avant le choc par V et V', et la vitesse commune après le choc par W:

$$MV+M'V'=(M+M')W$$

d'où

$$W=\frac{MV+M'V'}{M+M'}$$

Si les deux corps ont des masses égales et des vitesses égales et de sens contraire on a:

$$V=-V',\ \text{d'où}\ W=0,$$

c'est-à-dire que le choc les amène au repos.

En général on pourra facilement calculer la force vive perdue qui est égale à

$$(MV^2+M'V'^2)-(M+M')W^2$$

Il suffit de remplacer W par sa valeur tirée de l'équation (3), on trouve:

$$\frac{(M+M')(MV^2+M'V'^2)-(MV+M'V')^2}{M+M'}=\frac{MM'(V+V')^2}{M+M'}\ (1)$$

Si le corps choqué est immobile la perte de force vive se réduit à:

$$\frac{MM'V^2}{M+M'}$$

On voit qu'on la diminuera en augmentant la masse M du heurtoir et en diminuant la vitesse V.

Lorsqu'on utilise le choc pour déplacer un corps qui éprouve de très fortes résistances, par exemple dans le cas d'un mouton employé à enfoncer des pieux, on doit chercher à rendre cette perte de force vive aussi petite que possible, car elle représente le travail moléculaire dépensé à déformer et à échauffer la tête du pilot. C'est un véritable travail nuisible, et la force vive utilement transmise au pilot pour vaincre la résistance du sol en est diminuée d'autant. Il y aura donc toujours avantage à augmenter le poids du mouton en en diminuant la hauteur de chute, quitte à employer, pour le manœuvrer, une moufle ou un treuil. Pour la même raison, il est plus facile d'enfoncer un clou sans le déformer en le frappant à petits coups avec un gros marteau qu'à grands coups avec un petit. Si, au contraire, le choc est

(1) Cette expression de la force vive perdue permet de démontrer facilement le fameux théorème de Carnot qui consiste en ce que : *La force vive perdue est égale à la somme des forces vives que produirait sur chaque corps la vitesse perdue par ce corps*, théorème qu'on peut généraliser et qui s'applique à deux corps mous se heurtant d'une manière quelconque.

utilisé à broyer des matières, il faut augmenter le plus possible la vitesse des heurtoirs, même au détriment de leur masse, car c'est la force vive détruite qui produit l'effet utile, tandis que la force vive transmise ne sert qu'à ébranler les supports de la machine et le bâtiment où elle est installée. Ces considérations expliquent le fonctionnement des broyeurs à la volée, dans lesquels des marteaux animés d'une très grande vitesse brisent des fragments de pierre ou de coke qui sont lancés contre eux. — V. CASSE-PIERRES.

Choc de deux corps libres quelconques. On a pu remarquer, dans l'exemple précédent, que le mouvement du centre de gravité de l'ensemble des deux corps n'est nullement altéré par le choc. Ce phénomène est *absolument général* et n'est qu'une conséquence de notre théorème général, qui suffit d'ailleurs à mettre en équation toutes les questions relatives au choc des corps libres. Dans le cas général, il faudra, pour mettre le problème en équations, faire intervenir les forces de réaction qui se développent au point de contact. Il faudra donc écrire que les quantités de mouvement perdues par chacun des deux corps font équilibre à l'impulsion de la réaction sur ce corps. On obtiendra ainsi six équations pour chacun des deux corps, soit douze en tout, qui sont insuffisantes pour déterminer les treize inconnues du problème, savoir les trois composantes de la vitesse de translation du centre de gravité de chaque corps, les trois composantes de la rotation pour chaque corps, ce qui fait douze, et enfin l'impulsion de la réaction. Il faudra y joindre une treizième équation tirée de la loi d'élasticité des deux corps. Si ceux-ci sont parfaitement élastiques, on exprimera qu'il n'y a pas de variation de force vive pendant le choc; s'ils sont mous, on écrira que les vitesses normales des deux points en contact sont égales dans les deux corps.

Enfin pour tenir compte du frottement, il faudra ajouter, à l'impulsion de la réaction normale $\int N\,dt$ l'impulsion de la réaction tangentielle. On sait que le frottement est proportionnel à la pression. Si donc f représente le coefficient de frottement des deux corps en présence, N étant la réaction normale, fN sera la réaction tangentielle, et l'impulsion du frottement sera simplement $f\int N\,dt$. On voit que la considération du frottement n'introduit pas d'inconnues nouvelles. Malheureusement, les équations auxquelles on arrive, sont d'une complication telle qu'on ne peut songer à les utiliser dans le cas général : il faudra donc, dans chaque cas particulier, profiter de toutes les circonstances qui peuvent introduire des modifications, comme cela se présente généralement dans les applications, où les corps ne sont pas libres de se mouvoir dans toutes les directions. On devra se contenter alors d'écrire seulement les équations d'équilibre relatives aux mouvements possibles.

Choc des cames contre les marteaux. Nous allons traiter comme exemple le cas simple de deux corps tournant autour d'axes parallèles, et venant à se rencontrer en un point où le plan tangent commun est parallèle à chacun des deux axes. Les deux corps ne pouvant prendre de mouvement qu'autour de leur axe de rotation, il suffira d'écrire que, pour chacun d'eux, la somme des moments de la quantité de mouvement perdue et des impulsions des deux réactions normale et tangentielle est nulle. Pour le premier corps, désignons par ω et Ω, les vitesses angulaires avant et après le choc, que nous considérerons comme positives si elles sont dirigées dans le sens des aiguilles d'une montre, α l'angle du plan tangent au point de contact avec le rayon vecteur $r=oM$ (fig. 198), le plan tangent étant considéré dans le sens du mouvement; enfin par I le moment d'inertie autour de l'axe: les mêmes notations accentuées nous serviront pour le second corps. Le moment de la quantité de mouvement perdu est alors:

$$I(\omega-\Omega),$$

et ceux des impulsions des réactions normale et tangentielle sont respectivement, en représentant par N la réaction normale et par f le coefficient de frottement :

$$-r\cos\alpha\int N\,dt \quad \text{et} \quad -rf\sin\alpha\int N\,dt$$

d'où l'équation

$$I(\omega-\Omega)-(\cos\alpha+f\sin\alpha)r\int N\,dt=o$$

De même, pour le second corps :

$$I'(\omega'-\Omega')-(\cos\alpha'+f\sin\alpha')r'\int N\,dt=o.$$

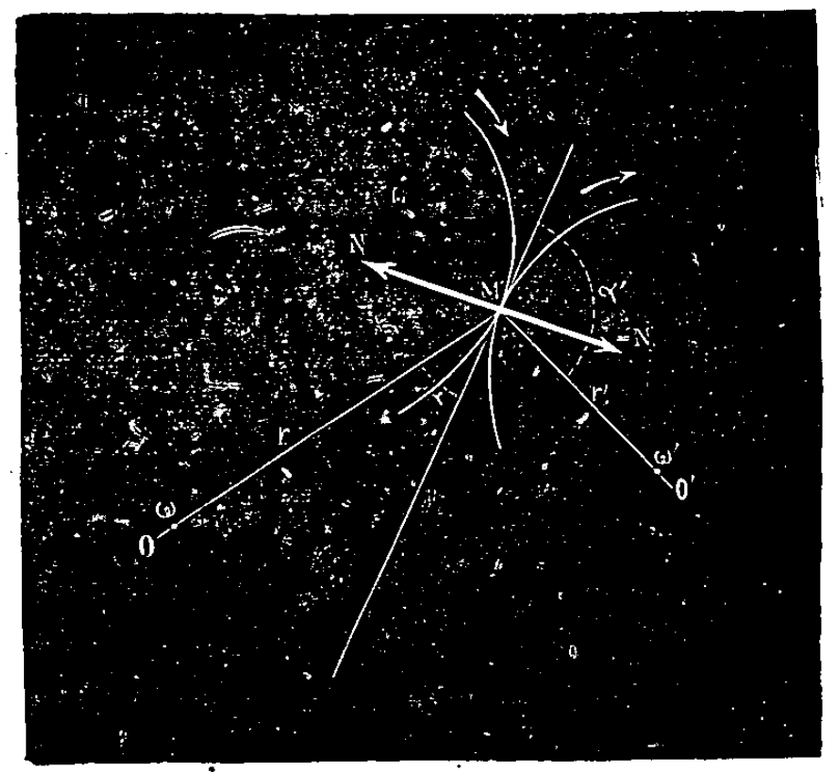


Fig. 198.

Il faut cependant observer que les signes des moments des impulsions de réaction peuvent varier suivant la disposition de la figure 198 et doivent être, dans chaque cas particulier, l'objet d'un examen spécial.

Enfin, il reste à écrire que, les corps n'étant pas élastiques, leurs vitesses normales après le choc sont égales, ce qui donne:

$$r\Omega\cos\alpha=-r'\Omega'\cos\alpha'$$

L'élimination de $\int N dt$, et la détermination des deux inconnues Ω et Ω' n'offre plus alors aucune difficulté. Ce qu'il faut remarquer, c'est que l'effet du frottement pendant le choc disparaît lorsque $\sin\alpha$ et $\sin\alpha'$ sont nuls, c'est-à-dire lorsque les deux corps viennent se rencontrer dans le plan des deux axes, et que ce plan est leur plan tangent commun. Cette circonstance se trouve à peu près réalisée dans le choc d'une came contre un marteau, de sorte que dans cet appareil, le frottement n'intervient pas *pendant le choc*. Si l'on suppose que le marteau soit en repos lorsqu'il reçoit le choc de la came, les équations deviennent simplement, pour l'arbre qui porte la came:

$$I(\omega-\Omega)-r'\int N\,dt=0,$$

pour le marteau :

$$I'\Omega'+r'\int N\,dt=0,$$

et enfin, pour la condition d'élasticité nulle :

$$r\Omega=-r'\Omega'$$

Si on élimine Ω' et $\int N\,dt$, on trouve :

$$r'^2I(\omega-\Omega)-r^2I'\Omega=0$$

d'où

$$\frac{\Omega}{\omega}=\frac{r'^2I}{r'^2I+r^2I'}=\frac{1}{1+\frac{r^2I'}{r'^2I}}$$

Pour que le mouvement de l'arbre à came soit le plus régulier possible, c'est-à-dire pour que Ω diffère le moins possible de ω, il faut réduire à son minimum la fraction

$$\frac{r^2I'}{r'^2I}.$$

On y parviendra en donnant à cet arbre un grand moment d'inertie, en plaçant la came aussi près que possible de l'axe, et en allongeant la tige du marteau.

Quant à la force vive perdue, elle a pour expression:

$$I\omega^2-(I\Omega^2+I'\Omega'^2)$$

ou, en tenant compte des équations précédentes :

$$I\omega^2-\frac{r'^2I\times r^2I'}{r'^2}\Omega'^2=I\omega^2-I\omega\Omega=I\omega^2\left(1-\frac{\Omega}{\omega}\right)$$

d'où l'on voit que, pour la même force vive de l'arbre $I\omega^2$, la perte sera d'autant plus réduite que Ω sera plus voisin de ω. Les conditions de meilleure régularité précédemment énoncées sont donc en même temps celles du meilleur rendement.

Si les cames doivent servir à soulever des tiges rectilignes guidées par des supports verticaux, le problème se traitera d'une façon semblable, mais pour l'équation relative à la tige, il faudra prendre, non pas les moments de la quantité de mouvement et des impulsions, mais cette quantité de mouvement, et ces impulsions elles-mêmes.

Choc d'un corps contre un obstacle fixe. Réflexions. Si le corps choquant est dénué d'élasticité, il perd entièrement sa vitesse normale et glisse simplement le long de l'obstacle ; s'il est élastique, il rebondit après le choc, suivant des conditions que nous allons étudier. Nous supposerons, pour simplifier, le corps réduit à un point matériel, pour n'avoir à tenir compte, ni de sa rotation ni de sa forme. Dans le cas où le corps élastique vient frapper normalement la surface fixe, la force vive restant la même après le choc, il faut qu'il rebondisse suivant la normale avec une vitesse égale à la vitesse incidente. S'il vient la frapper obliquement, on pourra décomposer sa vitesse en une vitesse normale qui devra se retrouver égale et de sens contraire après le choc, et une vitesse tangentielle qui doit rester constante, si l'on néglige l'effet du frottement. Il en résulte immédiatement la symétrie du mouvement par rapport à la normale, c'est-à-dire la loi si connue de l'égalité des angles d'incidence et de réflexion.

Pour tenir compte du frottement, on peut remarquer que la variation de la vitesse normale ne doit pas être influencée par l'introduction de cette nouvelle considération. Quant à la vitesse tangentielle, elle se trouve diminuée de telle sorte que la quantité de mouvement perdue dans cette direction est égale à l'impulsion de la force de frottement. Si f est le coefficient de frottement, l'impulsion tangentielle s'obtiendra en multipliant par f l'impulsion normale, et cette dernière est égale au double de la quantité de mouvement normale, puisque la vitesse normale a simplement changé de signe. Donc, la quantité de mouvement perdue suivant la tangente est égale au double de la quantité de mouvement normale multipliée par f, c'est-à-dire que : *la vitesse tangentielle perdue est égale à la vitesse normale multipliée par le double du coefficient de frottement*. Puisque la vitesse tangentielle est diminuée, on voit que l'effet du frottement est de diminuer l'angle de réflexion (1) qui deviendra plus petit que l'angle d'incidence. Pour calculer la valeur de cette diminution, nous remarquerons que f est la tangente d'un angle qu'on appelle l'angle de frottement. D'autre part, le rapport des vitesses tangentielles a et a' à la vitesse normale est égal à la tangente de l'angle d'incidence ou de réflexion. Puisque

$$a-a'=2fn,$$

n désignant la vitesse normale, il s'ensuit que :

$$\frac{a}{n}-\frac{a'}{n}=2f$$

c'est-à-dire que la tangente de l'angle d'incidence i est diminuée du double de la tangente de l'angle de frottement, α :

$$tg\,i-tg\,i'=2tg\,\alpha.$$

Si la tangente de l'angle d'incidence est plus petite que le double de la tangente de l'angle de frottement, la vitesse tangentielle sera entièrement détruite par le frottement, et la réflexion se fera suivant la normale.

Remarqnons enfin, que si le corps n'est qu'im-

(1) Les angles d'incidence et de réflexion sont comptés à partir de la normale.

parfaitement élastique, la vitesse normale sera en partie détruite, ce qui augmentera l'angle de réflexion, lequel peut ainsi, suivant le degré d'élasticité du corps, être inférieur, égal ou supérieur à l'angle d'incidence jusqu'au point de devenir entièrement droit comme cela aurait lieu pour un corps absolument dénué d'élasticité. Les considérations précédentes s'appliquent encore en supposant le corps choquant animé d'une rotation quelconque ; mais il ne faudrait pas croire qu'elles suffisent à rendre compte de tous les effets du jeu de billard dans lesquels la rotation des billes et leur frottement sur le tapis ont une influence considérable. La manière de donner le *coup de queue* a justement pour objet de faire prendre à la bille la rotation nécessaire pour produire l'effet désiré. La théorie du jeu de billard a été donnée par Coriolis. M. Résal y est revenu dans des communications très récentes à l'Académie des sciences. On trouvera dans le *Traité de mécanique générale* de M. Résal la théorie complète du choc des billes, ainsi que la solution de plusieurs questions importantes que nous n'avons pu développer ici. — **M. F.**

CHOCOLAT. Le chocolat est un aliment de premier ordre consistant en un mélange de sucre, de cacao et d'aromates.

Historique. L'usage du chocolat existait au Mexique depuis longtemps lorsque les Espagnols, sous les ordres de Fernand Cortez, firent la conquête de ce pays, en 1520. Le mot *chocolat* dérive, en effet, des deux mots mexicains, *choco* (son ou bruit) et *alte* (eau) qui signifient qu'on bat les amandes de cacao dans l'eau bouillante pour préparer cet aliment. Le mélange ainsi obtenu est aromatisé par du piment et consommé généralement à cet état. On l'additionne aussi de miel ou de sève sucrée du maguey (*agave mexicana*) afin de neutraliser l'amertume naturelle de l'amande du cacaoyer ; enfin, on ajoute à ce mélange, du *chile* ou farine de maïs et des semences de rocou qui communiquent à la pâte une belle couleur rouge.

Lors de la conquête espagnole, les seigneurs et les guerriers avaient seuls le droit de consommer le *chocolalt*, qui lui attribuaient la propriété remarquable de réparer les forces et d'exciter la vigueur.

Le cacao fut introduit fort tard en Espagne, car les conquérants avaient tenu secrète leur découverte, afin de se réserver l'usage de la précieuse amande. Le chocolat fut très recherché, dès son apparition en Europe, grâce aux qualités merveilleuses qu'on lui prêtait, mais il fut longtemps l'apanage des seigneurs à cause de son prix élevé. Ce succès contribua beaucoup à l'extension de la culture du cacaoyer au Mexique, puis à la Martinique, où cet arbre fut introduit, en 1660, par un Israélite du nom de Benjamin d'Acosta.

Ce n'est guère que vers 1651 que le cacao pénétra en France ; l'usage en fut conseillé par un moine au cardinal-archevêque de Lyon, Alphonse, frère du cardinal de Richelieu, qui le prenait pour combattre, disait-il, les humeurs de sa rate. La première fabrique française de chocolat fut installée à Paris par Chaillou, qui le vendait à un prix tellement élevé que les grandes fortunes pouvaient seules se permettre cette dépense.

La grande vogue du chocolat date surtout de l'époque licencieuse qui caractérise le règne de Louis XV, en raison des qualités réparatrices de cet aliment qui disposait vite à de nouveaux excès.

Le chocolat n'eut pas cependant le succès du café, car il ne stimule pas comme lui les fonctions cérébrales et n est pas favorable à la bonne chère. C'est ce qui explique l'indifférence que montrent encore à son égard les peuples du Nord qui le prennent après leur repas afin de ne pas entraver l'appétit. D'ailleurs le chocolat est plus particulièrement recherché dans les pays chauds comme l'Espagne. Grâce à sa grande valeur nutritive et à son goût agréable, il constitue, en effet, un analeptique remarquable s'opposant à l'intempérance qui serait fatale aux habitants de ces pays. Il a bien, à certains yeux, l'inconvénient de favoriser la paresse, mais comme il plonge l'esprit et le corps dans ce doux *far-niente* si cher aux Méridionaux et surtout aux Espagnols, c'est un défaut que ces peuples lui pardonnent.

Sous nos climats cet inconvénient est ressenti par les amateurs de chocolat qui ont une alimentation succulente et qui n'ont aucun besoin d'absorber cet aliment pour réparer leurs forces, aussi doit-il être recommandé surtout à ceux qui travaillent beaucoup.

La consommation du chocolat est maintenant très importante, grâce à l'abaissement de son prix qui résulte de l'extension de la culture du cacaoyer et de la diminution des frais de main-d'œuvre.

Le cacaoyer est répandu maintenant dans toute l'Amérique tropicale, sur une étendue de 40° de latitude dont 25 au nord et 15 au sud de l'Equateur. Nous donnons aux mots Cacao et Cacaoyer des renseignements sur la récolte du cacao et sur les différentes sortes commerciales.

Outre l'extension de la culture du cacaoyer qui a surtout contribué à généraliser la consommation du chocolat, la diminution des frais de main-d'œuvre pour la préparation de ce produit alimentaire doit entrer en ligne de compte.

Au commencement de ce siècle, la fabrication du chocolat se faisait entièrement à bras d'hommes. Le cacao et le sucre étaient broyés dans un mortier à l'aide d'un pilon, puis la masse était étendue sur une pierre placée à terre et l'ouvrier achevait le broyage en promenant sur la pâte, avec un mouvement alternatif, un rouleau en marbre jusqu'à ce que l'écrasage soit parfait. La pâte, ramollie par un chauffage modéré, était transformée en boudins en la roulant dans une feuille de papier ; par le refroidissement, ces boudins devenaient durs et on les livrait dans cet état au commerce.

La première amélioration réalisée fut de placer la pierre sur une table, de façon que l'ouvrier puisse travailler debout. Cette pierre, maintenue chaude à l'aide d'un brasero, était plane ou concave. La forme concave se généralisa lorsqu'on eut l'idée de suspendre au plafond les bras de support d'un rouleau, que l'ouvrier n'avait plus alors qu'à animer d'un mouvement de va-et-vient.

Ces procédés rudimentaires ne permettaient d'obtenir que 12 à 15 livres de chocolat par jour. La consommation du chocolat s'étendant de plus en plus on dut recourir aux machines afin de fabriquer plus vite et plus économiquement. Antiq eut l'idée, vers 1830, d'employer des pilons mécaniques mus par des cames placées sur un arbre animé d'un mouvement rotatif, dans le but d'opérer le mélange de sucre et de cacao.

Pour amener le mélange à la finesse voulue il imagina une broyeuse formée d'une aire en granit, inclinée du centre vers la circonférence, en sens inverse de trois galets coniques mobiles autour d'axes fixés à un arbre central animé d'un mouvement de rotation. Hermann remplaça les pilons d'Antiq par un mélangeur consistant en une sorte de cuvette en granit à bords relevés au centre et à la circonférence. Le centre de cette cuvette était traversé par un arbre tournant qui entraînait dans sa course deux galets ellipsoïdes. Mélinand, constructeur lyonnais, inventa une machine fort ingénieuse où le mélange et le broyage s'effectuaient simultanément. La pâte était soumise sur une aire tournante à la pression d'un cylindre mobile autour d'un axe fixe. La pâte fixée sur ce

cylindre allait subir l'action d'un second rouleau placé au-dessus de lui; ce rouleau s'emparait de la pâte qu'il abandonnait dans sa course au contact d'une râcle disposée de façon à conduire le chocolat dans une bassine. M. Debatiste construisit plus tard une machine se rapprochant beaucoup de celle que nous venons de décrire; l'écrasement s'y effectuait à l'aide de deux galets coniques mobiles autour d'axes fixes dans le sens horizontal et disposés suivant un diamètre du cercle de l'aire. M. Debatiste terminait le broyage du chocolat entre deux cylindres animés de mouvements inverses; deux râcles placées dans le sens des génératrices de chacun des cylindres faisaient tomber le chocolat dans des récipients appropriés.

Hermann eut, vers 1839, l'heureuse idée d'appliquer au broyage proprement dit du chocolat, les machines qu'il construisait pour le broyage des couleurs; ces machines étaient formées essentiellement de trois cylindres en fonte animés de mouvements d'inégale rapidité. La fonte donnant un goût désagréable au chocolat, Hermann la remplaça par le granit qui est employé maintenant, à l'exclusion de toute autre matière, dans la chocolaterie.

Composition chimique. Le chocolat est un aliment complet, c'est-à-dire qu'à côté d'éléments organiques tels que le sucre qu'on mélange au cacao et les matières grasses et amylacées que renferme ce dernier, éléments qui concourent à l'entretien de la chaleur du corps et qui sont dits aliments respiratoires, il contient des matières azotées ou aliments plastiques qui viennent compenser les pertes incessantes que subit l'organisme dans ses diverses fonctions.

Voici les résultats d'analyses faites par Payen et Mitscherlich sur divers cacaos simplement mondés mais non torréfiés.

	Moyenne de plusieurs échantillons de bonne qualité (analyse de Payen)	Cacao Guayaquil (Analyse de Mitscherlich)
	pour cent	pour cent
Beurre de cacao. . .	48 à 50	45 à 49
Albumine, fibrine et autres matières azotées	20 à 20.5	13.5 à 19
Amidon	10 à 11	14 à 18
Cellulose.	2 à 3	5.80
Théobromine	2 à 4	1.2 à 1.5
Matière colorante. . .	traces	3.5 à 5
Essence aromatique. .		
Substances minérales.	3 à 4	3.5
Eau hygroscopique. .	10 à 12	5.5 à 6.3

L'amande du cacao présente donc dans sa composition immédiate deux fois plus de matières azotées que la farine de froment, vingt-cinq fois plus environ de matières grasses et une proportion notable d'amidon. L'addition du sucre au cacao neutralise l'amertume de l'amande. Les aromates tels que la cannelle et la vanille qu'on ajoute au chocolat excitent l'appétit et favorisent la digestion.

Matières premières du chocolat. 1° *Le cacao.* Il est d'usage, dans la préparation du chocolat, de mélanger plusieurs variétés de cacaos, en se guidant sur leurs caractères propres, de façon à obtenir un tout qui participe autant que possible des qualités des composants, sans que leurs défauts soient sensibles.

En France, les cacaos les plus employés sont, par ordre de qualité :

Les cacaos de Puerto-Cabello, Guèria et Carupano (Vénézuéla), Trinidad (Ile), Maragnan (Brésil), Surinam (Guyane), Guayaquil (Equateur), Grenada (Ile), la Guadeloupe et la Martinique, Bahia (Brésil), San Tomé (Saint-Thomas, Afrique), Haïti.

En dehors de ces sortes, d'autres quittent les pays de production dans les années de forte récolte seulement, car en temps ordinaire elles sont consommées par les indigènes.

Ce sont notamment les cacaos de Soconuzco (Mexique), de Guatemala, de Santiago de Cuba, de Ceylan (Ile de), Ile Bourbon, Cuzco (Pérou).

Les chocolats bon marché s'obtiennent avec des cacaos à bas prix auxquels on fait absorber autant de sucre que possible. On saisit facilement l'intérêt du fabricant à agir de la sorte lorsqu'on voit qu'en 1882 le cacao torréfié, prêt à être employé, coûte, en moyenne, 3 fr. 60 le kilogramme tandis que le prix du sucre n'est que de 1 franc.

Pour ces chocolats inférieurs les cacaos très butyreux sont naturellement fort recherchés.

Le tableau ci-dessous donne la proportion de beurre contenu dans les divers cacaos; les analyses ont été publiées par MM. Payen et Billequin.

Poids de beurre 0/0 de cacao.

Cacao Trinité.	38
— Haïti.	41.4
— Para.	42.7
— Guayaquil.	46.3
Guyane française.	46.8
Caraque.	48.9
Maragnan.	49.8

Certains fabricants enrichissent leurs cacaos en y ajoutant du beurre qu'ils extraient en pressant à chaud le cacao destiné à préparer le chocolat en poudre.

2° *Le sucre.* Le sucre employé dans la préparation des chocolats fins est le sucre raffiné en pains; généralement on emploie, soit les *poudres blanches*, soit les sucres bruts de canne connus sous le nom de *cassonnades*.

Les *poudres blanches* proviennent de la canne ou de la betterave; ce sont les produits qu'on obtient lors de la première cristallisation des jus sucrés évaporés d'où leur nom de *sucres de premier jet*; ils renferment de 99 à 99,75 0/0 de sucre pur. Les sucres bruts de betterave qui sont obtenus dans les cristallisations successives du jus concentré ne sont pas employés à cause de leur goût désagréable. Les sucres bruts de canne, au contraire, ont un goût qui plaît beaucoup, aussi sont-ils fort employés.

Le sucre avant d'être mélangé au cacao doit être desséché. On arrive à ce résultat en le portant au sein d'une étuve chauffée à 50-55°, dans des caisses en tôle à bords peu élevés; les vapeurs aqueuses sont entraînées dans l'atmosphère par un tuyau de ventilation. Les pains de sucre secs sont le plus souvent cassés en morceaux qu'on introduit tels quels dans les mélangeurs; quelques

fabricants, tels que M. Lombart, préfèrent pulvériser le sucre avant de le mêler au cacao.

La proportion de sucre que renferme le chocolat varie suivant les qualités, de 50 à 60 0/0.

3° *Les aromates*. (*a*) *La vanille*. La vanille est la gousse aromatique d'une liane qui croît naturellement dans les pays chauds tels que le Mexique, la Guyane et le Pérou. Cette plante a été introduite aux îles de la Réunion et Maurice et sa culture y a pris une très grande extension. Dans nôtre colonie de la Réunion notamment, grâce aux encouragements prodigués par l'intendant Poivre, les vanilleries se sont fort développées et actuellement l'exportation par le port de Saint-Denis atteint un chiffre annuel de 30,000 kilogrammes de vanille.

La vanille doit son parfum délicieux à un corps bien défini, la *vanilline*, qui vient recouvrir la gousse d'une efflorescence blanche connue sous le nom de *givre de vanille*.

Les bonnes qualités de vanille renferment de 1,5 à 2,5 0/0 de vanilline. Les vanilles mexicaines sont en général celles qui contiennent le moins de vanilline ; au contraire, celles de Java et Bourbon en renferment souvent davantage mais mélangée à des substances qui en masquent l'odeur et diminuent par cela même la valeur de la gousse.

La proportion de vanille introduite dans le chocolat varie avec sa qualité. Pour que l'arome soit perceptible, il faut au moins 2 grammes de gousse par kilogramme ; certains chocolats en demandent jusqu'à 5 grammes.

En raison de son prix élevé, on a cherché à remplacer la vanille par quelques produits en possédant l'odeur ; parmi eux celui qui donne les meilleurs résultats est le *benjoin* dit *vanille* qui renferme effectivement un peu de vanilline ; mais, l'emploi de ce baume est forcément limité, tandis qu'il n'en est pas de même de la vanilline artificielle dont la fabrication est déjà importante.

(*b*) *La cannelle*. En France, le chocolat parfumé à la cannelle est peu consommé ; il l'est bien davantage en Espagne où la cannelle est fort employée à cet usage. Les sortes de Ceylan sont préférées à celles de la Chine et du Japon.

FABRICATION DU CHOCOLAT.

1° *Triage du cacao*. Le triage a pour but, d'une part, de séparer du cacao les matières étrangères *minérales*, les débris de bois et de feuilles et les menues graines qu'il renferme, et d'autre part, de le classer par grosseurs correspondant, en général, à des qualités différentes, quoique, sous ce rapport, il n'y ait rien d'absolu, puisque de bonnes amandes peuvent être petites tandis que de mauvaises amandes seront d'une grosseur bien supérieure. Le trieur dont la figure 199 indique la disposition peut être mû à la main ou mécaniquement. Il se compose d'un arbre incliné calé à ses deux extrémités entre deux coussinets ; cet arbre porte, à sa partie la plus élevée, une roue d'engrenages et de distance en distance, sur toute sa longueur, des bras qui lui sont perpendiculaires et qui soutiennent des cercles métalliques maintenus parallèles par des tringles placées à égale distance suivant quatre génératrices du cylindre ainsi constitué ; entre ces cercles viennent se placer des lames perforées en tôle plombée ou galvanisée ; les dimensions des ouvertures de ces toiles sont variables suivant la nature et le volume des corps qu'on veut séparer. Ce qui passe au travers des trous tombe dans une auge inférieure divisée en cinq ou six compartiments par des trémies au-dessous desquelles sont placés des sacs ou des tiroirs. La distribution du cacao se fait par la trémie indiquée à droite de la figure, laquelle est munie d'un tuyau recourbé qui amène les amandes à la partie supérieure du cylindre trieur.

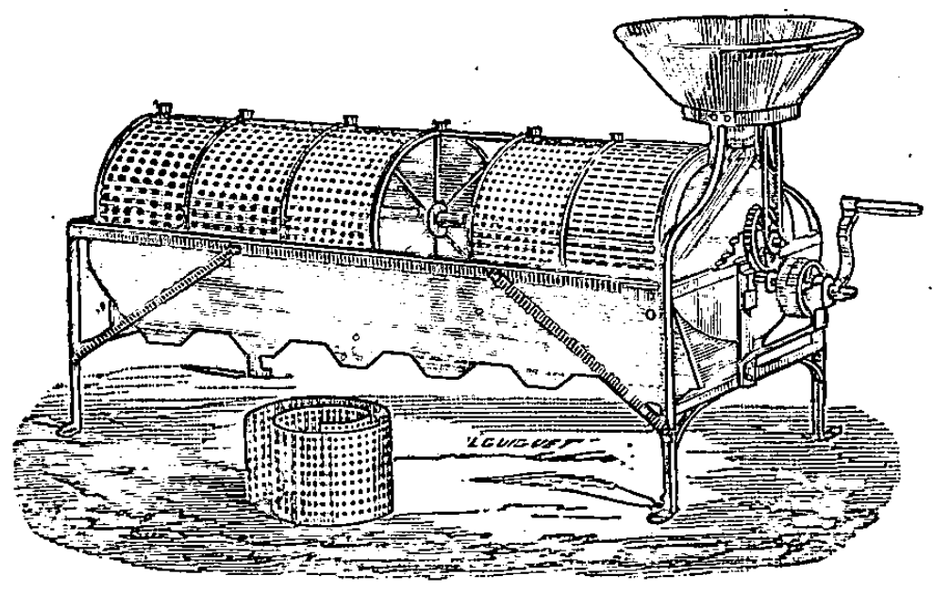


Fig. 199. — *Cribleur Pernollet.*

Les trieurs un peu considérables sont toujours mus mécaniquement, et comme ils fonctionnent toute la journée on les entoure d'une enveloppe fermée hermétiquement de façon à éviter la diffusion des poussières dans l'atelier. La distribution se fait par un arbre à palettes qui se meut au fond du cône formé par la trémie ; l'ouverture de cette dernière, dans les grands appareils, est généralement située au niveau du plancher du magasin aux cacaos et les dimensions de la trémie sont telles qu'on peut y verser un sac entier à la fois. On voit, au-dessous du trieur, les formes et les dimensions des ouvertures des cinq toiles qui sont le plus souvent assemblées. Le cylindre étant animé d'un mouvement de rotation lent, la division s'opère ainsi de droite à gauche : 1° *poussières*, on les jette ; 2° *grains cassés*, mélangés d'autres graines telles que le café, de morceaux de bois, de petits cailloux, etc. ; 3° *grains plats*, ce sont des grains avortés, très durs à briser et de qualité inférieure ; ils sont mélangés de débris de bois plus gros que les précédents. Ces deux fractions sont livrées à des ouvrières qui les étendent sur des tables et trient les débris d'amandes qu'on emploie pour les chocolats très inférieurs à cause de leur goût de poussière ; 4° *grains moyens ;* 5° *gros grains*, ces deux portions de bonnes amandes sont torréfiées séparément ; 6° *marrons*, ce sont des amandes collées ensemble, généralement de qualité inférieure.

La perte au triage est, en moyenne, de 5 à 6 0/0 du poids du cacao.

2° *Torréfaction.* La torréfaction est une opération fort délicate d'où dépend, en grande partie, la qualité du chocolat, puisque c'est elle qui communique au cacao son arome spécial. Sans remonter au grillage primitif, tel que le pratiquent encore les Mexicains et qui consiste à chauffer les amandes dans une poêle ordinaire, on peut dire que la torréfaction a subi des phases nombreuses avant d'arriver au point où elle en est actuellement. On s'est servi longtemps de brûloirs cylindriques placés au-dessus d'un long foyer mais la surveillance de ces appareils est très délicate.

M. Vergnes, puis M. Gourdin, son gendre, ont beaucoup contribué à répandre dans les chocolateries l'usage des torréfacteurs sphériques, où le mouvement des amandes est incessant en raison de cette tendance qu'ont les grains situés à la partie supérieure de la masse de descendre dans la partie la plus basse, sous l'influence du mouvement de rotation, ce qui rend le grillage uniforme.

Le *torréfacteur à boule* (fig. 200), dont on va donner les dimensions, permet de griller 50 kilogrammes de cacao. Le massif qui le supporte est constitué par des plaques de fonte de $0^m,95$ de largeur et $0^m,85$ de hauteur, revêtues intérieurement de briques réfractaires, disposées de telle façon que la cavité qu'elles forment au milieu du massif est tronconique ; l'une de ces plaques est percée de deux ouvertures rectangulaires fermées par des portes qui correspondent au foyer et au cendrier du fourneau. La base supérieure du massif est formée d'une plaque également en fonte et percée d'une ouverture circulaire d'un diamètre un peu supérieur à celui du brûloir ; cette ouverture forme la grande base du tronc de cône décrit plus haut et dont la petite base est constituée par la grille du fourneau.

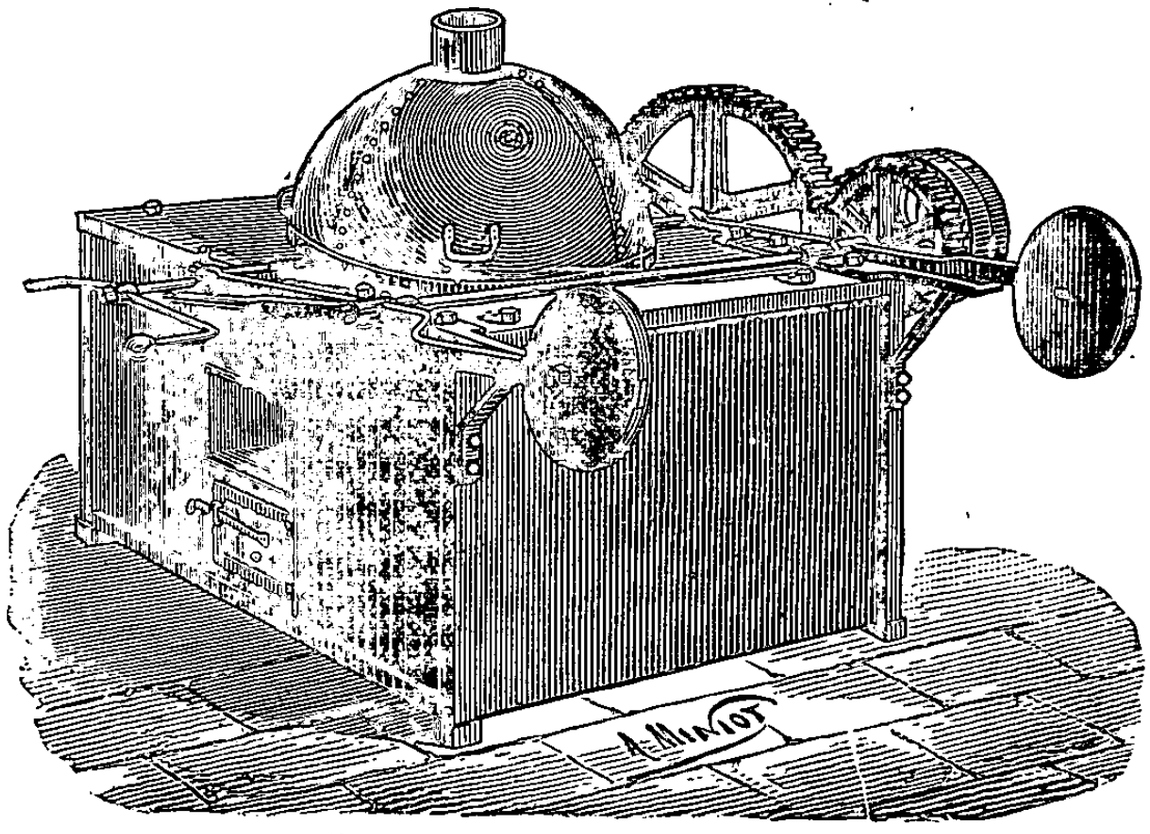


Fig. 200. — *Torréfacteur à boule.*

La boule du torréfacteur est disposée de façon à pouvoir être sortie facilement du fourneau, au moyen de leviers munis de contre-poids. Le mouvement qu'on lui imprime à cet effet ne dérange en rien la situation réciproque des roues d'engrenages indiquées à droite de la figure, de telle sorte que le brûloir peut aussi bien tourner à l'intérieur qu'à l'extérieur du fourneau.

Le torréfacteur est coiffé d'une demi-sphère portant un tuyau vertical qui envoie les gaz de la combustion du coke et les vapeurs développées par la torréfaction, sous une hotte communiquant avec une cheminée. Cette calotte est mobile, soit autour d'une charnière fixée sur le massif du fourneau, soit de bas en haut au moyen de contre-poids qui forcent le tuyau à rentrer dans un autre placé dans la cheminée et dont le diamètre intérieur correspond sensiblement au diamètre extérieur du tuyau d'échappement des vapeurs.

La boule du brûloir est en tôle de fer rivée, d'une épaisseur de 2 à 3 millimètres ; son diamètre est de $0^m,65$. Pour la charger de cacao on enlève la calotte qui la recouvre et au moyen des contre-poids on la sort du fourneau ; puis, on la fait tourner à l'aide de la manivelle indiquée à gauche de la figure, jusqu'à ce que la porte de chargement disposée sur sa circonférence vienne se présenter. On introduit alors les amandes, puis on referme et à l'aide des contre-poids qu'on relève on repose la boule sur le fourneau.

Après avoir abaissé la calotte, on fait tourner le brûloir de façon à ce qu'il fasse 30 à 35 tours par minute et on procède au chauffage à l'aide de coke qui a l'avantage de donner une chaleur régulière et continue. La première action du feu a pour résultat de dégager l'eau que renferme le cacao : les vapeurs s'échappent par les trous d'une petite porte grillée et quelquefois par des ouvertures pratiquées dans le cylindre creux qui constitue l'axe de rotation du brûloir. Peu à peu, aux vapeurs aqueuses succèdent des vapeurs pénétrantes indiquant que la torréfaction s'avance ; c'est à partir de ce moment que l'ouvrier doit surveiller de très près l'opération ; à cet effet, il retire de temps en

temps la boule du fourneau et en extrait quelques amandes par la porte de chargement. La torréfaction, pour une charge de 50 kilogrammes, dure de trois quarts d'heure à une heure ; elle est terminée lorsque la coque se sépare facilement de l'amande, laquelle se partage, par simple pression entre les doigts, en fragments d'une couleur brunâtre répandant une odeur fort agréable et possédant une saveur plus ou moins amère selon les espèces. A ce moment, on fait tomber le cacao dans une caisse de tôle, où on l'abandonne au refroidissement, sur une épaisseur de 10 centimètres.

Le brûloir dont on vient de parler est de beaucoup le plus répandu. Dans l'usine de M. Potin on voit un torréfacteur qui permet de griller 100 kilogrammes à la fois et dont la manœuvre est entièrement automatique.

Divers essais ont été faits pour réaliser d'une manière continue l'alimentation des torréfacteurs, mais on n'est pas encore arrivé à des résultats satisfaisants en raison de la difficulté du réglage de l'entrée et de la sortie des graines.

3° *Concassage et triage du cacao*. Ces opérations ont pour but de séparer du grain de cacao la *coque* qui le recouvre ainsi que le *germe*, sorte de petit prisme très dur à broyer. Au moment du concassage les graines ne doivent pas être froides sous peine de donner beaucoup de poussière ; si au contraire, elles sont trop chaudes elles donnent seulement de gros fragments : le degré de chaleur convenable est affaire de métier. Les

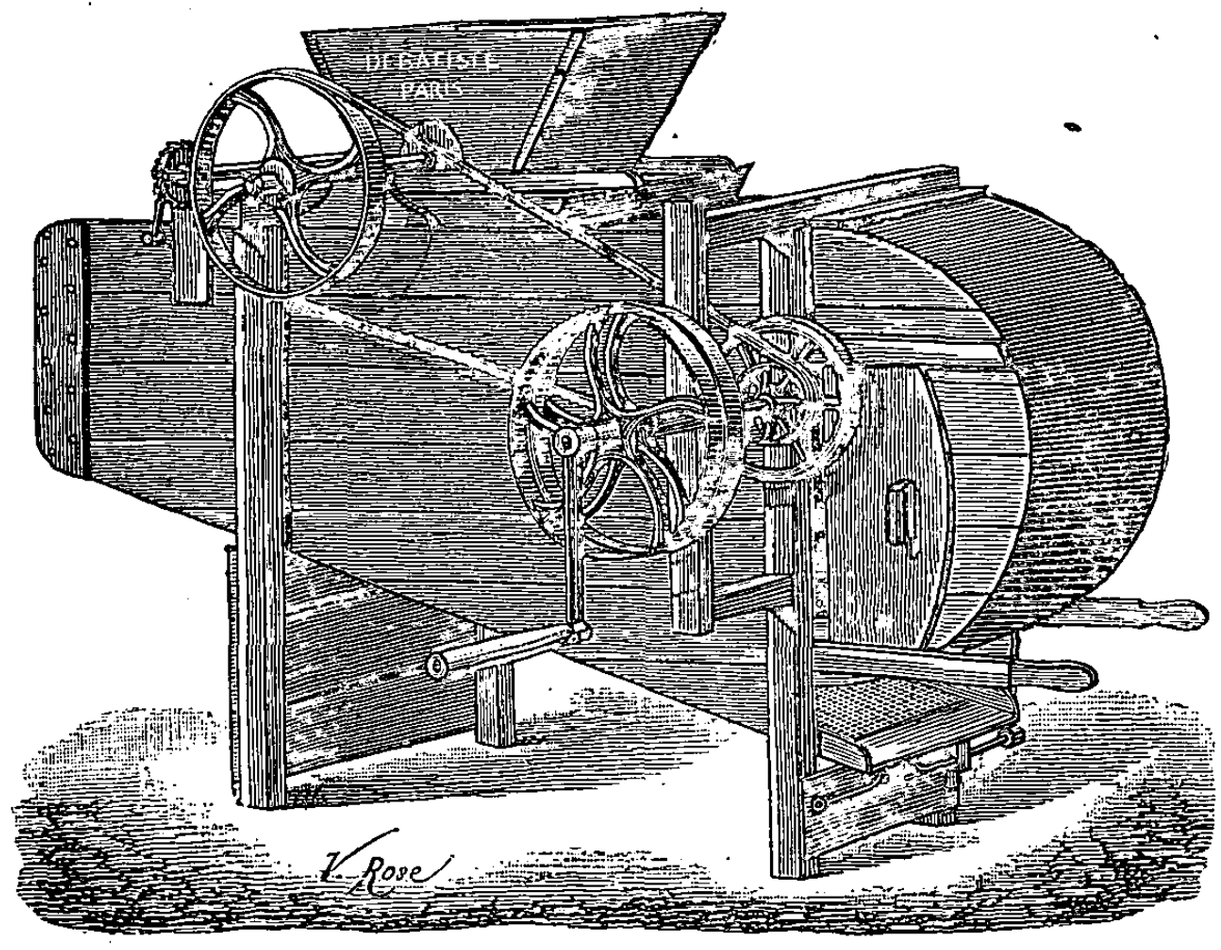


Fig. 201. — *Machine à vanner et à concasser le cacao.*

petites chocolateries utilisent pour le triage du cacao, des tarares analogues à ceux qu'on emploie en agriculture pour ventiler les céréales.

La figure 201 montre un de ces appareils, surmonté d'un moulin concasseur. Ce dernier est formé d'une trémie au fond de laquelle se meuvent, par l'intermédiaire d'une courroie, deux cylindres cannelés qui entraînent et broient le cacao entre leurs dentelures. Le produit tombe sur deux grillages placés l'un au-dessous de l'autre et animés d'un mouvement alternatif; ces grillages ont pour but de diviser et de répartir également le mélange d'amandes et de coques avant qu'il ne soit soumis au courant d'air lancé par le ventilateur à palettes indiqué à droite de la figure. Les coques sont entraînées dans une chambre de dépôt tandis que les fragments d'amandes plus lourds tombent sur un plan incliné dont on aperçoit l'extrémité inférieure sous le ventilateur. Ainsi qu'il est facile de le voir ce plan est constitué par un grillage maintenu dans un cadre en bois ; les mailles de ce grillage, longues et peu larges, livrent passage aux germes tandis que les grains de cacao glissent à sa surface. L'extrémité supérieure du cadre qui maintient le grillage, est recouverte partiellement d'une planchette mobile entre deux coulisses disposées sur les montants du tarare ; la hauteur de cette planchette doit être telle que le ventilateur entraîne le moins possible de cacao avec la coque ce qu'on reconnaît à l'aspect de cette dernière. Néanmoins, il y a toujours des fragments d'amandes entraînés et comme au sortir de l'appareil ils se déposent les premiers, on les retrouve dans la portion de coque voisine du tarare ; cette portion est ventilée de nouveau de façon à réaliser une séparation plus complète. Le cacao trié et ventilé est livré à des ouvrières épluchеuses qui séparent les débris de bois et les grains gâtés.

Dans les chocolateries un peu importantes on emploie de grands appareils dits *trieurs ventilateurs* où le cacao est débarrassé de la coque et du germe, puis divisé par ordre de grosseur, d'après les mêmes principes que ceux que l'on vient d'exposer.

Le cacao perd, en moyenne, 20 à 22 0/0 de son

poids à la suite des opérations que nous venons de passer en revue ; les caraques livrés perdent jusqu'à 27 0/0.

4° *Broyage du chocolat.* Le cacao torréfié, soumis à l'action de meules sur une aire un peu chaude ne tarde pas, grâce à la proportion de matière grasse qu'il renferme, à se réduire en pâte fluide à laquelle on ajoute peu à peu le sucre nécessaire, pour arriver à la consistance légèrement molle que présente le chocolat à la température de 30 à 35°. Cette opération s'effectue, chez M. Menier, sous des meules horizontales qui ressemblent beaucoup à celles usitées dans la meunerie. Les broyeurs qu'emploie M. Lombart sont formés d'une sorte de moulin en granit où la distribution des amandes se fait uniformément au moyen d'une lame tournant autour d'un axe maintenu au fond d'une trémie qu'on charge de cacao. Le moulin proprement dit est constitué par un cône en granit tenu la pointe en haut à l'aide d'un arbre vertical, cet arbre communique au cône un mouvement de rotation à l'intérieur d'une cavité également conique creusée dans un bloc granitique ; le tout est entouré d'une chemise extérieure. L'échauffement qui résulte du frottement entre les deux surfaces est suffisant pour réduire le cacao en pâte fluide qu'on porte dans le mélangeur où on l'additionne de sucre et d'aromates. Certains mélangeurs sont composés d'une sole dormante parcourue par trois galets cylindriques dont les bases moyennes sont tangentes à trois circonférences différentes du cercle de l'aire, de telle sorte que presque toute la surface de cette dernière est parcourue par les galets. Le sucre pulvérisé et tamisé est ajouté en proportion telle que le poids total de la masse introduite dans le mélangeur n'excède pas 80 kilogrammes.

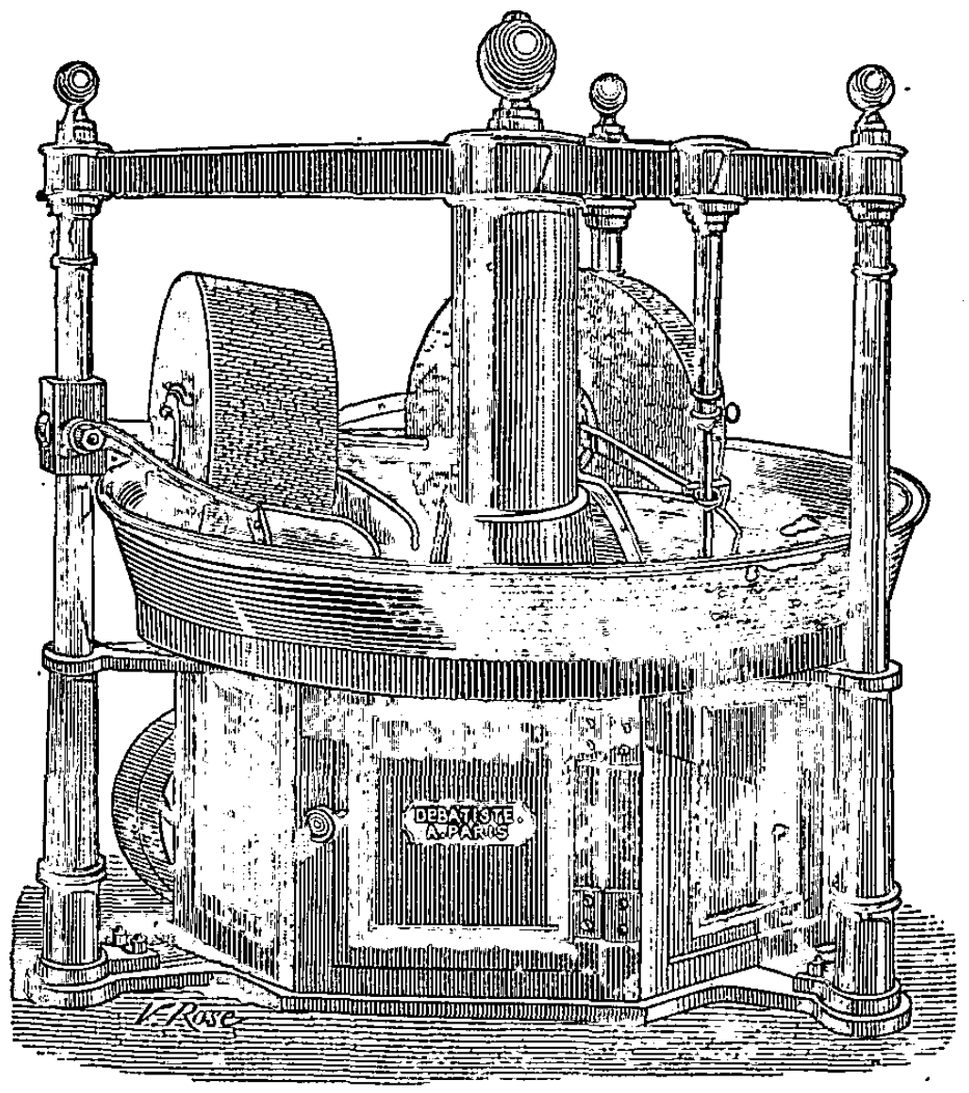


Fig. 202. — *Mélangeur à table tournante en granit.*

Dans la plupart des chocolateries, le broyage du cacao et l'addition du sucre se font simultanément dans le mélangeur.

Cette machine (fig. 202) est formée d'une aire en granit chauffée à 35-40° par un serpentin de vapeur ou plus généralement par des chaufferettes en tôle dites *cagniards*, qu'on charge de braisette le matin pour le travail de la journée, et le soir pour entretenir la pierre chaude durant la nuit. L'aire de granit est animée d'un mouvement de rotation par un système d'engrenages communiquant avec les poulies qu'on voit à gauche de la figure. La matière recouvrant cette meule courante est soumise à l'action de deux lourds galets de granit excentrés, mobiles autour d'axes horizontaux. On comprend facilement quelle est la perfection du mélange dans cette machine. Si l'on considère que la vitesse des différentes portions de la masse de chocolat est d'autant plus accélérée que ces portions sont plus rapprochées du centre de l'aire, tandis que la vitesse de rotation du galet est sensiblement la même sur tous les points de sa surface de révolution, on comprend que la matière soit déchirée en tous sens, d'où il résulte un mélange intime des divers éléments. Un rebord circulaire métallique s'oppose à la projection du chocolat au dehors.

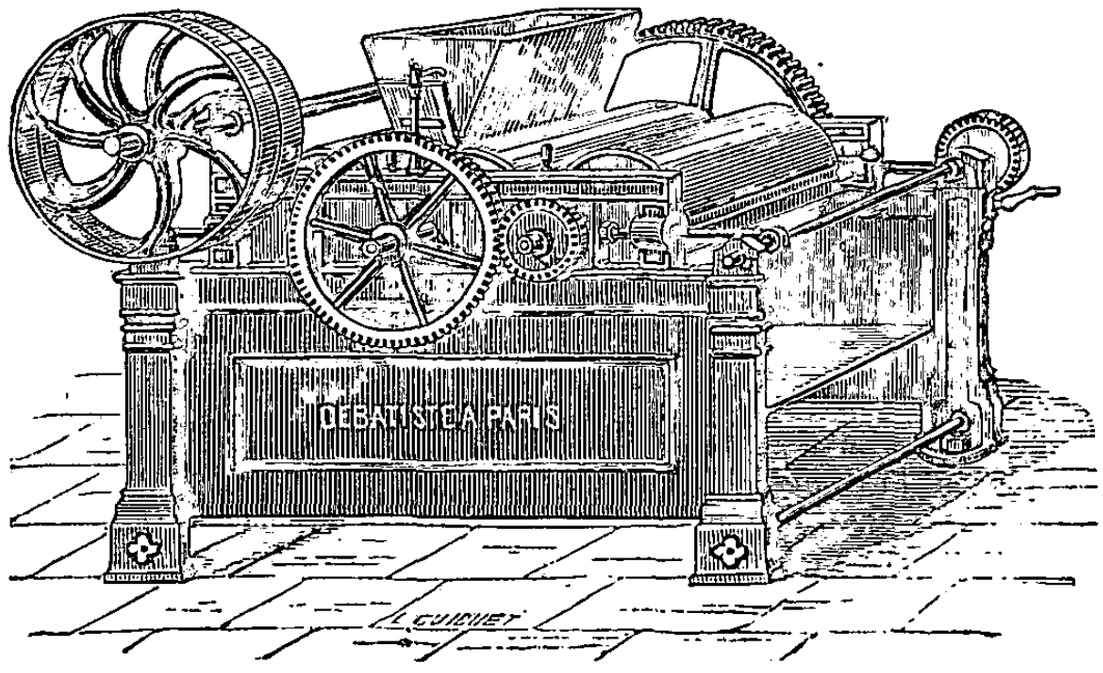


Fig. 203. — *Broyeuse à trois cylindres.*

Les axes de rotation des galets ne sont pas fixes ; ils sont maintenus dans un plan vertical par des coulisses supportées par les piliers que montre la figure ; ces coulisses leur permettent de se sou-

lever lorsqu'ils rencontrent des fragments de sucre un peu gros, car c'est généralement en morceaux qu'on introduit le sucre dans les mélangeurs. Des couteaux ramasseurs situés au centre et à la circonférence de l'aire ramènent continuellement la masse sur le passage des galets. La figure 202 montre, en outre, près du pilier de droite, la jambe de support d'un couteau affectant la forme d'un T renversé, lequel est animé d'un mouvement de rotation par l'intermédiaire de roues d'engrenages disposées dans un des trois bras qui réunissent les piliers; ce couteau a pour but de râcler la surface du granit et de séparer ainsi les fragments qui lui sont adhérents.

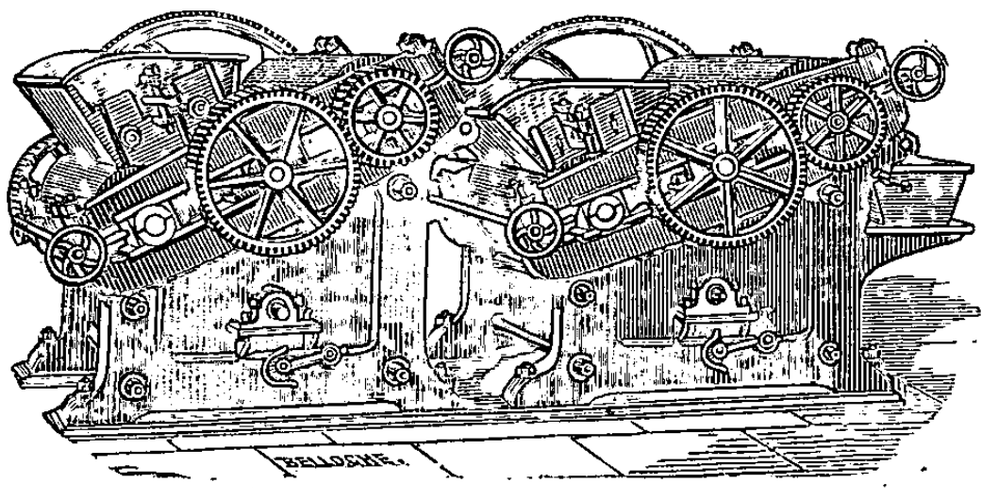


Fig. 204. — *Broyeuse à cylindres superposés.*

Dans les mélangeurs de M. Hermann l'aire est tournante, mais le rebord est fixe et c'est lui qui supporte les coulisses où se meuvent de bas en haut les galets qui sont cylindriques.

Les mélangeurs les plus répandus ont une aire de 1m,40 de diamètre; les charges sont de 35 kilogrammes en moyenne. Le temps nécessaire pour un bon mélangeage étant d'une heure environ, on évalue à 300 kilogrammes le travail d'une journée de dix heures. Lorsque le mélange est bien homogène on le recueille dans une caisse en tôle étamée et on le porte aux *broyeuses*, machines destinées à *finir* la pâte, en amenant ses divers éléments à un état de division très grand.

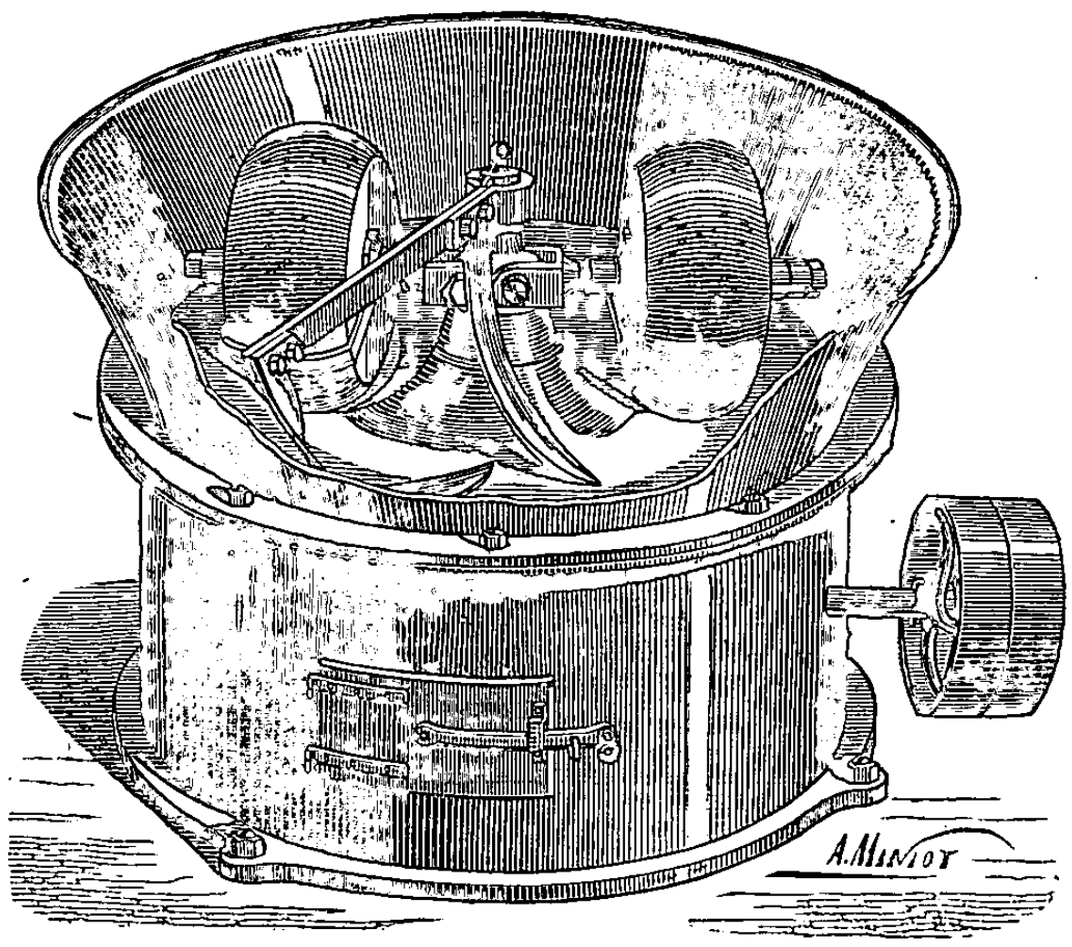


Fig. 205. — *Mélangeur à galets mobiles.*

La broyeuse que montre la fig. 203 se compose de trois cylindres en granit dont les axes métalliques tournent librement dans des coussinets maintenus dans des glissières; les coussinets du cylindre du milieu sont fixes tandis que les autres sont mobiles, de telle sorte qu'en les éloignant ou les rapprochant on serre plus ou moins les cylindres d'avant ou d'arrière contre celui du milieu.

Le mouvement reçu par l'intermédiaire de la poulie située à gauche de la figure est communiqué aux cylindres par un système de roues d'engrenages dont les diamètres sont calculés de façon que le cylindre d'avant fait généralement cinq tours, pendant que celui du milieu n'en fait que trois, et le cylindre d'arrière un seulement.

Le chocolat est jeté dans une trémie dont les côtés parallèles aux axes de rotation sont coupés à une petite distance des cylindres, tandis que les deux autres faces sont constituées par des planchettes dont la partie inférieure s'applique exactement sur les deux cylindres. Ces derniers s'emparent de la pâte, l'écrasent entre leurs surfaces et comme le broyeur du milieu va le plus vite, c'est lui qui entraîne le chocolat et va le soumettre à la pression du cylindre d'avant, celui-ci, à son tour animé d'un mouvement plus rapide, s'empare de la pâte qu'il ne tarde pas à abandonner au contact d'une râcle métallique qui la fait tomber dans une caisse en tôle.

Le broyeur Beyer est à fonction continue, il est muni de trois ou cinq cylindres qui déversent la pâte l'un dans l'autre et donnent un broyage progressif et régulier (fig. 204).

La conduite des broyeuses est extrêmement délicate; il s'agit, en effet, de veiller à ce que l'écartement des cylindres soit gradué d'après la finesse qu'on désire; de plus, cet écartement doit être le même sur toute la longueur des cylindres. Pour réaliser cette dernière condition, M. Debatiste guide la marche des coussinets dans les glissières par des tiges de longueurs égales dépendant d'excentriques semblables fixés sur un axe qu'on voit à droite de la figure; cet axe peut être animé d'un mouvement de rotation extrêmement faible au moyen d'une roue à dents sur laquelle agit une vis sans fin mue par une manivelle.

Dans les broyeuses construites par M. Hermann, la partie inférieure des paliers qui supportent les cylindres est seule maintenue dans une coulisse

et sa marche est réglée par une vis qui la traverse ; cette vis, maintenue fixe à une de ses extrémités, porte à l'autre bout une roue dentée qu'on peut faire tourner au moyen d'une vis sans fin.

Les chocolateries un peu importantes possèdent cinq ou six broyeuses, ce qui correspond au nombre de passes nécessaires à la préparation d'une pâte suffisamment fine ; avec une installation semblable, le broyage du chocolat suit une marche continue et on n'a qu'à régler une fois pour toutes l'écartement des cylindres, on peut arriver avec six broyeuses à trois cylindres de un mètre de longueur à préparer 2,500 kilogrammes de chocolat en onze heures de travail.

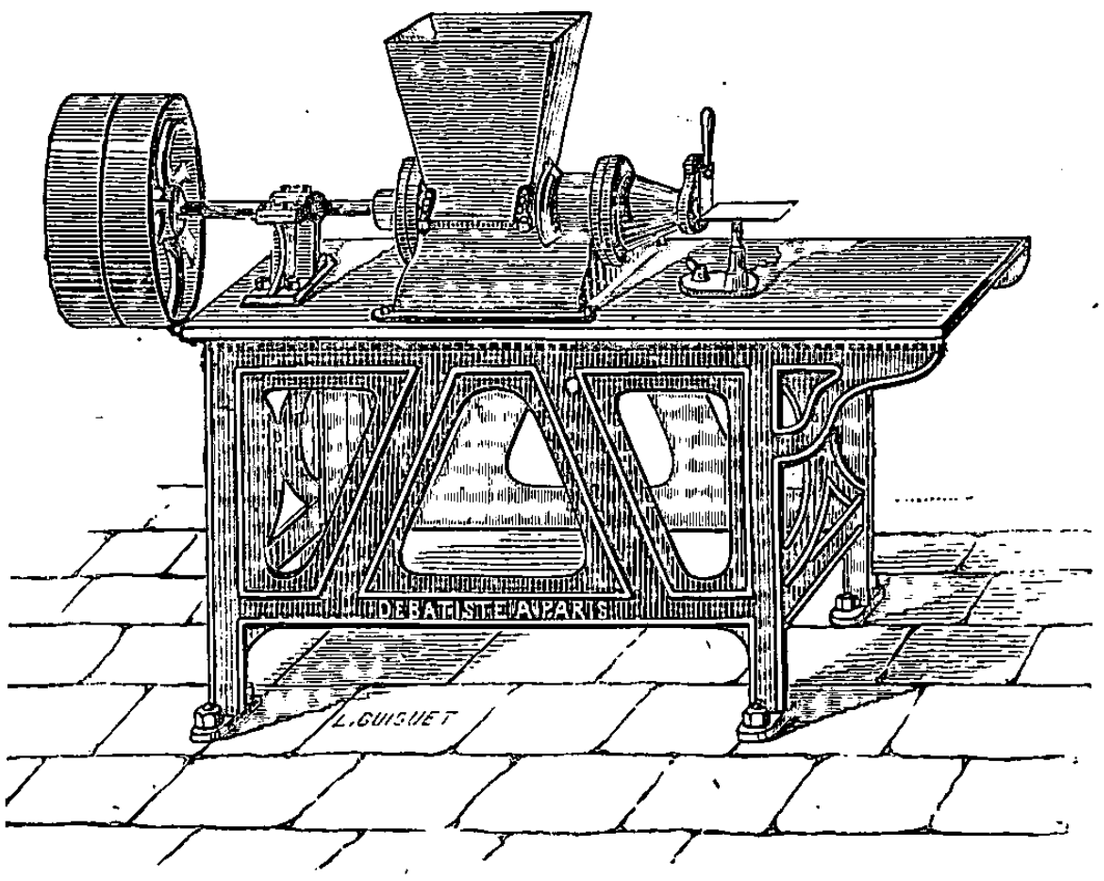


Fig. 206. — *Boudineuse.*

M. Menier, à Noisiel, utilise des broyeuses beaucoup plus puissantes que celles que nous venons de citer ; elles sont à cinq cylindres et permettent de fabriquer des quantités considérables de chocolat ; ces machines n'ont d'utilité que dans une usine comme celle de M. Menier, où l'on fabrique 25,000 kilogrammes par jour.

4° *Dressage du chocolat.* Au sortir des broyeuses le chocolat n'a plus le liant nécessaire pour un bon moulage, aussi est-on obligé de faire *revenir* la pâte, c'est-à-dire de l'amollir en la portant dans des caisses en tôle au sein d'une étuve chauffée à 50°. Ce réchauffage est suivi d'une trituration qui peut s'effectuer, soit dans le mélangeur décrit ci-dessus, soit dans une cuvette analogue à celle que montre la figure 205. La surface de cette cuvette est parcourue par des galets animés d'un mouvement de rotation par l'intermédiaire de l'arbre central ; ces galets sont mobiles dans le sens de la hauteur, ce qui leur permet de se soulever lorsqu'ils rencontrent des morceaux de pâte volumineux. Des couteaux fixés à l'arbre moteur servent à détacher la pâte qui adhère aux parois du mélangeur. On retire le chocolat lorsqu'il est bien ramolli et on le porte sur une grande table en marbre, en bois, ou en granit, maintenue tiède par des chaufferettes placées dessous ; la pâte est battue sur cette table par des ouvriers, puis introduite dans la boudineuse où elle est soumise à une grande pression qui a pour résultat d'expulser les bulles d'air emprisonnées dans sa masse. C'est Devinck qui a eu l'idée d'appliquer la vis d'Archimède à la compression du chocolat.

La boudineuse généralement employée est représentée par la figure 206 ; elle se compose d'une trémie métallique, au fond de laquelle se trouve une vis hélicoïdale animée d'un mouvement de rotation par l'intermédiaire d'une des poulies que l'on voit à la gauche de la figure. Le chocolat entraîné par le pas de vis est poussé dans un espace tronc-conique dont la petite base est située à l'extérieur ; on obtient, de cette façon, un boudin qu'on reçoit sur une petite tablette où on le coupe à l'aide du couteau disposé à l'orifice de la boudineuse, en morceaux du poids approximatif de 250 grammes généralement. Ce poids est obtenu exactement, à l'aide de la balance, par un ouvrier qui place les boudins au fur et à mesure des pesées dans des moules en fer blanc. Les moules de tablettes de 250 grammes sont divisés en plusieurs compartiments et portent généralement en relief, soit le nom du fabricant, soit la désignation spéciale du chocolat. Les moules sont disposés, au nombre de 20, sur une planchette à bords relevés qu'on abandonne dans

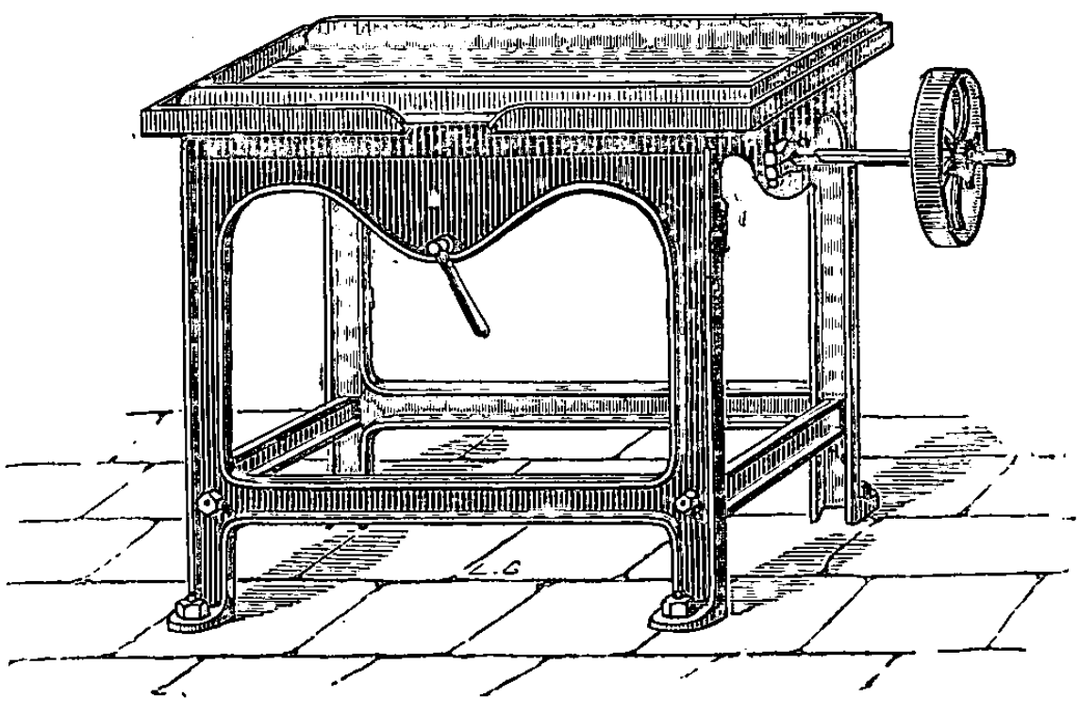


Fig. 207. — *Machine à dresser et tapoter les tablettes de chocolat.*

une étuve où le métal prend une température égale à celle du chocolat; de cette façon, on évite les marbrures que présentent fréquemment les tablettes de chocolat dressé dans des moules froids. Lorsque la planchette est garnie de 20 fois 250 grammes de chocolat, soit 5 kilogrammes en tout, on la porte sur la *tapoteuse.*

La tapoteuse est un instrument fort ingénieux, inventé par M. Chaumeau. Il se compose (fig. 207) d'une table à rebords dont le dessous porte, à une

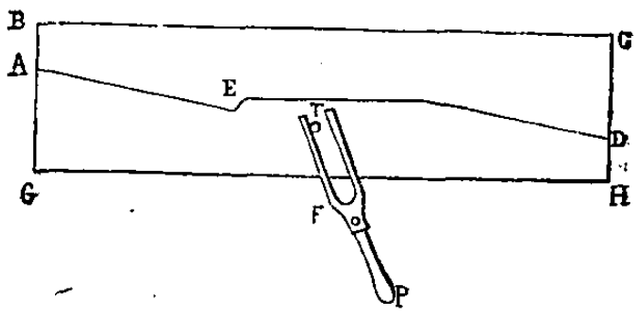


Fig. 208. — *Mécanisme de la tapoteuse, position de marche.*

petite distance de chacun des coins, une tige de fer qui entre à frottement libre dans des œillères fixées au bâti de la machine. Ces quatre guides servent à maintenir la table horizontale lorsqu'elle reçoit les secousses que lui communiquent deux roues à rochet venant choquer simultanément contre deux dents fixées sur une ligne correspondant au milieu de la table, dans le sens de la largeur.

Ces roues sont animées d'un mouvement de rotation par l'intermédiaire des poulies indiquées à droite de la figure. On peut, à l'aide d'une poignée, faire agir les roues à rochet ou isoler

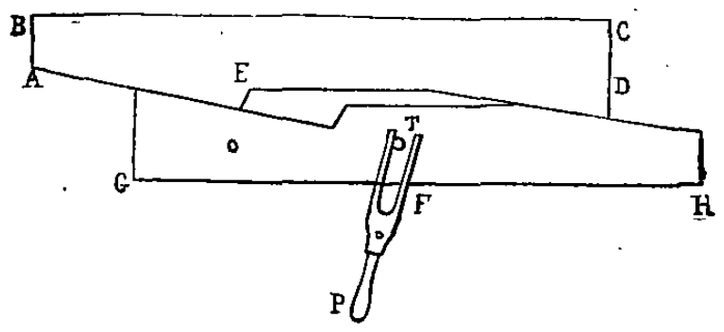


Fig. 209. — *Mouvement du mécanisme, position de repos.*

la table de leur action; pour cela, la table porte, fixées à uue certaine distance de ses deux plus longs côtés, deux planchettes ABCDE. La partie AED de chacune de ces planchettes s'adapte exactement sur un autre AEDGH portant un bouton. Les boutons T des deux planchettes sont embrassés par les branches des deux fourches F fixées sur une tige métallique qu'actionne la poignée P. Le système BCGH se meut dans une rainure ménagée sur deux côtés du bâti. La figure 208 indique la disposition du système lorsque la table est soumise à l'action de la roue à rochet. Dans la fig. 209 on voit que la poignée poussée vers la gauche a fait glisser la planchette AGHD dans la rainure ce qui a eu pour résultat d'élever ABCD et par conséquent la table, de telle façon que cette dernière échappe à l'action de la roue dentée.

Pendant que les moules sont secoués violemment, l'ouvrier répartit uniformément la pâte, en promenant le bras dans toutes les directions et lorsque la surface du chocolat est bien lisse, il imprime trois marques indiquant, l'une la qualité du chocolat, l'autre le jour du dressage et la troisième le signe spécial de l'ouvrier; il suffit de tapoter un peu les tablettes pour faire disparaître la dépression qui résulte des marques, tout en les laissant visibles. Un bon ouvrier met en moyenne dix minutes pour dresser 5 kilogrammes de chocolat, soit 30 kilogrammes à l'heure et 300 kilogrammes par journée de dix heures. Pour que le chocolat puisse être démoulé, il faut le refroidir brusquement afin de produire un retrait qui permette de séparer la tablette du moule.

Le *démoulage* se fait dans le sous-sol des usines qui possède généralement une fraîcheur suffisante; cependant, lorsque la fabrication est importante, la température peut s'élever au point de retarder assez le démoulage pour qu'il en résulte un arrêt et qu'on soit obligé de recourir à la réfrigération artificielle.

Dans la belle usine de la Compagnie Coloniale il y a de vastes sous-sols où se trouvent d'immenses tables en pierres du Jura qui, paraît-il, est très conductrice de la chaleur, et permet de démouler assez rapidement.

Dans l'usine de M. Lombart, le chocolat est descendu de l'atelier de dressage dans la cave par un ascenseur disposé d'une facon très ingénieuse. L'appareil consiste essentiellement en un plateau de tôle sur lequel l'ouvrier dépose les moules; ce plateau forme le fond de l'ascenseur et peut glisser entre deux des côtés de ce fond de façon à le découvrir entièrement. La plaque étant chargée de moules, on laisse descendre l'ascenseur jusqu'à ce que sa partie inférieure arrive à une petite distance de la table de refroidissement sur laquelle l'ouvrier dépose les moules en tirant, à l'aide d'une corde, la plaque qui les supporte. Cette dernière revient occuper sa position, lorsque l'ascenseur remonte, au moyen d'un galet cylindrique qui, en roulant sur un rail incliné disposé dans la cage de l'ascenseur, pousse peu à peu la plaque dans les rainures.

La table de refroidissement, brevetée par MM. Lombart et Billaudot, consiste en une série de lames de tôle perforées, ayant sensiblement les dimensions des tables de dressage et réunies par des charnières dans le sens de leur longueur. Le mouvement de cette toile sans fin est réglé par deux sortes de prismes dont les faces sont sensiblement égales, comme surface, aux lames de tôle qui constituent la table; ces deux prismes sont animés d'un mouvement de rotation très lent. La table est renfermée dans une grande caisse à l'une des extrémités de laquelle a lieu l'introduction des moules tandis qu'à l'autre arrive un courant d'air froid. Cet air est puisé dans les galeries d'anciennes carrières où la température, sensiblement uniforme, est de 12° environ. L'air arrive par un puits situé à l'extrémité de ces galeries, de sorte que le courant est soumis au contact des parois sur une grande longueur avant d'aboutir au ventilateur qui l'envoie dans le réfrigérant. La longueur de la table de refroidissement et le mouvement dont elle est animée

sont réglés de façon à ce que le démoulage du chocolat n'offre aucune difficulté, ce qui arrive le plus souvent au bout d'une demi-heure : les tablettes séparées des moules sont envoyées, par un ascenseur, dans l'atelier de pliage.

Dans certaines usines, on utilise la basse température de l'eau de puits pour le refroidissement des moules; ces derniers sont déposés sur des tables métalliques creuses à l'intérieur desquelles circule l'eau. Ce procédé, ainsi que celui qui consiste à refroidir le chocolat par simple exposition dans une cave ont l'inconvénient d'être lents, surtout en été, et d'être, par conséquent, une cause de retard si on doit suffire à des demandes pressantes. La réfrigération artificielle est sur ce point bien préférable ; elle a été réalisée par Devinck, il y a longtemps déjà, au moyen de l'appareil Carré. On peut employer naturellement, tout autre appareil permettant de produire du froid. A Noisiel, on emploie le procédé Giffard.

M. Garlandat utilise l'abaissement de température qui résulte de la volatilisation rapide de l'eau sous l'influence de l'agitation. L'eau arrive en couche mince sur une toile métallique placée à proximité d'un large tuyau où de l'air est insufflé par un ventilateur. L'eau est alors divisée en fines gouttelettes qui, en se vaporisant partiellement, déterminent l'abaissement de température de l'air qu'on dirige alors vers les salles de démoulage.

MM. Guérin-Boutron utilisent avec succès la machine réfrigérante de M. Raoul Pictet. Dans cette machine le froid est produit par l'ébullition de l'acide sulfureux anhydre: ce corps bout à —10° sous la pression atmosphérique.

Cette machine se compose d'un seul corps de pompe portant deux soupapes à chaque extrémité, soit quatre en tout. Deux de ces soupapes sont reliées par un tuyau au récipient renfermant l'acide sulfureux liquide et les deux autres au récipient où s'opère la condensation. Lorsque le piston monte, par exemple, une des soupapes a sa partie inférieure en relation avec la provision d'acide sulfureux: une partie de ce corps se réduit en vapeur et produit un abaissement de température de la solution saline incongelable qui circule autour du récipient. Une fois que le piston a atteint l'extrémité de sa course, le mouvement de descente se produit: la soupape ouverte se ferme et celle reliée au cylindre de refoulement en s'ouvrant permet aux vapeurs d'aller se condenser sous l'influence de la pression produite par le piston. L'élévation de température qui se produit est absorbée, comme nous l'avons dit, par un courant d'eau aussi froide que possible. Le jeu des soupapes de la partie supérieure du corps de pompe est identiquement le même que celui que nous venons de décrire.

Pour l'application de la machine Pictet à la chocolaterie on emploie des tables de démoulage métalliques, en fonte, de forme spéciale, refroidies par un courant d'eau maintenu à une température constante de 9 à 10° centigrades.

Le chocolat en moules, étendu sur les tables, est recouvert par des pupitres mobiles qui forment, quand ils sont abaissés, un conduit à l'intérieur duquel un ventilateur fait circuler un courant d'air, plus froid que les tables elles-mêmes. Ce courant gazeux après avoir parcouru toute la longueur des pupitres, est réaspiré par le ventilateur.

Avant d'être dirigé sur les tables, l'air est refroidi au contact des parois métalliques de la machine à glace, maintenues à 3 ou 4 degrés centigrades au-dessous de zéro ; il se fait en même temps une dessiccation énergique de cet air et toute l'humidité qu'il contient se dépose, sous forme de givre, contre les parois de l'appareil réfrigérant.

Depuis que MM. Guérin-Boutron utilisent la réfrigération artificielle, ils peuvent démouler le chocolat après quinze minutes de refroidissement, tandis qu'avant, trente minutes étaient nécessaires. De plus, ils n'ont plus cette masse de déchets qu'occasionne le démoulage lorsque le chocolat n'est pas suffisamment froid, comme cela se présentait fréquemment en été.

5° *Pliage.* Le chocolat, avant d'être livré à la consommation, est généralement entouré d'une feuille d'étain destinée à le préserver de l'humidité, puis d'une feuille de papier comme enveloppe protectrice.

La feuille d'étain est obtenue par passage des lingots entre des laminoirs, puis elle est battue à la main.

Le chocolat de la maison Potin est vendu dans des cartonnages fabriqués mécaniquement à l'aide d'une machine très curieuse qui colle à la fois, sur les deux faces d'une feuille de carton, deux feuilles de papier dont l'une est blanche et l'autre porte la vignette de la maison. La machine emboutit en même temps la feuille de carton de telle sorte qu'elle lui donne la forme de la tablette de chocolat qu'elle devra recouvrir.

Chocolat sans sucre. En France, le chocolat sans sucre est peu apprécié; il n'en est pas de même en Hollande où il occupe un rang très important dans la consommation. La préparation du chocolat sans sucre peut se faire par simple broyage du cacao, suivi du dressage, comme cela se pratique pour le chocolat.

Si l'on veut obtenir le cacao en poudre, le broyage doit être fait en évitant toute élévation de température; mais, comme cette condition n'est guère réalisable industriellement, on préfère retirer du cacao une partie de son principe butyreux, d'autant plus que le beurre qu'on extrait ainsi est fort recherché par les confiseurs qui l'emploient pour donner plus de moelleux à la pâte entourant les bonbons dits *chocolat praliné*, *chocolat à la crême*, etc. Certains fabricants de chocolat se servent du beurre pour enrichir leurs cacaos peu butyreux afin de leur faire absorber plus de sucre.

Dans la plupart des chocolateries on extrait la matière grasse du cacao, dans des presses à la main, lesquelles sont placées dans une étuve chauffée à 40-45°. Le grain torréfié est versé dans un sac en toile forte qu'on place dans le seau où se meut le piston compresseur. La pression considérable que supporte le sac en altère rapidement la solidité, et la dépense qui en résulte a conduit M. Marre, ingénieur, à imaginer une nouvelle presse qui fonctionne chez M. Lombart et où l'écoulement

du beurre se fait entre les plateaux et non latéralement. A cet effet, le cacao est versé dans un seau à parois pleines fermé en bas et en haut par des plaques perforées supportant des toiles métalliques recouvertes elles-mêmes de morceaux de toile de lin. La pression s'effectue mécaniquement de bas en haut.

On retire à l'aide de cette presse 25 à 30 0/0 de beurre, les charges sont de 20 kilogrammes chaque fois et l'on peut arriver à presser 5000 kilogrammes d'amandes sans avoir à changer les toiles. On retire à la fin de l'opération un pain cylindrique qui est concassé et broyé, le broyage peut s'effectuer entre deux meules horizontales ou bien dans un mélangeur à aire courante. La masse qu'on obtient est jetée sur des tamis coiffés en haut et en bas de calottes qui empêchent la diffusion des poussières dans l'atelier, ces tamis sont posés en plus ou moins grand nombre sur un cadre animé mécaniquement d'un mouvement de va et vient ; ce qui reste sur le tamis est broyé une seconde fois puis tamisé de nouveau et ainsi de suite.

Falsifications. Le chocolat, à raison de son prix élevé, est l'objet de falsifications nombreuses qui n'ont, en général, rien de dangereux, mais qui n'en constituent pas moins des tromperies sur la marchandise vendue et tombent dès lors sous l'application de la loi.

Les produits qu'on ajoute au chocolat peuvent avoir pour but d'augmenter sa richesse en principe butyreux et par cela même de permettre l'introduction de matières étrangères au cacao qui donnent du poids ; ces additions déterminant une diminution de la coloration qui serait un indice de la dénaturation du chocolat, on introduit, en outre, une matière colorante.

Parmi les matières grasses employées pour suppléer le beurre de cacao on peut citer l'*huile d'amandes douces* ou les *amandes* elles-mêmes torréfiées, le *suif de veau* ou *de mouton* préparés avec soin ou mieux encore l'*oléo-margarine* que ce corps gras donne sous l'influence d'une pression ménagée.

La liste des substances que l'addition de matière grasse permet d'absorber est longue, mais il faut citer avant tout les *farines et fécules* de toutes sortes dont le goût est imperceptible ; les féculents ont la propriété de donner avec l'eau chaude un empois qui contribue beaucoup à épaissir le chocolat et le fait passer aux yeux de beaucoup de gens comme étant d'une qualité supérieure. On a employé également diverses sortes de *gommes* qui ont la propriété d'épaissir aussi le chocolat à bon marché, on introduit les *coques* qui entourent l'amande du chocolat. A ces divers produits il faut ajouter les matières minérales lourdes dont la coloration est utilisée pour rehausser celle du chocolat ; on peut citer au premier rang les *ocres* ou terres ferrugineuses ; quant au minium, à l'oxyde rouge de mercure et au cinabre, nous voulons bien croire ceux qui disent en avoir trouvé, mais nous estimons que les falsificateurs sont trop intelligents pour aller payer cher une substance qu'ils savent malfaisante et qu'ils peuvent remplacer avec économie par les ocres qui ne présentent aucun danger.

Nous allons exposer un procédé assez rapide d'analyse du chocolat que nous trouvons décrit dans le *Dictionnaire des falsifications* de MM. Chevallier et Baudrimont ; ceux qui voudront avoir

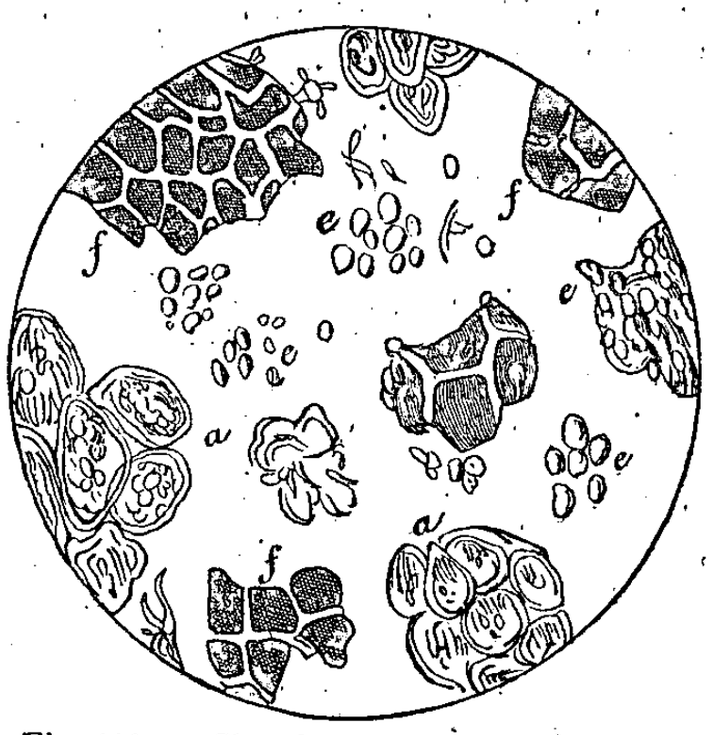


Fig. 110. — *Chocolat pur vu au microscope.*

a Fragments de tissu cellulaire, — *e* Fécule de cacaoyer. *f* Fragments de la fève.

des indications plus étendues et plus précises se reporteront à cet excellent recueil.

Dix grammes de chocolat pulvérisé sont traités par l'éther dans un tube effilé en pointe à sa partie inférieure et garni d'un tampon de coton ou dans un appareil à épuisement de Payen. Le résidu

Fig. 211. — *Chocolat falsifié.*

a Pellicule de la fève. — *c* Fragments de la fève. — *f* Grains de fécule de pomme de terre.

de la distillation de l'ether constitue le *corps gras ;* on détermine par pesée sa proportion, puis on examine, comparativement à du beurre de cacao, la consistance et le point de fusion.

Le résidu de l'action de l'éther est traité par l'eau froide dans le même appareil ; ce liquide dissout le *sucre*, la *gomme* et la *dextrine;* par l'évaporation du liquide jusqu'à consistance sirupeuse et reprise, après refroidissement, par l'alcool à 80° centésimaux, on dissout le sucre seulement.

Ce qui ne s'est dissous ni dans l'éther ni dans l'eau constitue la partie ligneuse de la graine ; si le chocolat a été mélangé de *féculents* on pourra les enlever par ébullition avec de l'eau contenant 2 0/0 d'acide sulfurique, de cette façon, on transforme l'amidon seulement en glucose qu'on peut doser et le résidu de l'action de l'eau acide n'est plus formé que de *cellulose,* de *matières azotées* et *d'éléments inorganiques.* En incinérant ce résidu on peut reconnaître par le poids des cendres s'il y a eu addition frauduleuse de produits minéraux ; en effet, le chocolat pur donne seulement 25 0/0 de résidu minéral à la calcination (fig. 210 et 211).

Pour caractériser les féculents il est indispensable d'avoir recours au microscope ; on peut distinguer nettement à l'aide de cet instrument les granules d'amidon du cacao qui n'ont que le 1/6 ou le 1/8 des grains de la fécule de pommes de terre ou le tiers des grains de l'amidon du blé ; pour cela, on comparera la préparation obtenue avec le chocolat à des préparations qu'on pourra conserver et qui comprendront la fécule de pommes de terre et les amidons de blé, riz, maïs et de quelques légumineuses.

La détermination exacte du point de fusion du beurre de cacao présente une certaine difficulté à cause de la variation de ce point suivant les conditions de l'expérience. M. Riche ayant eu l'occasion de faire de nombreuses déterminations de ce genre, lors d'une expertise qui lui fut confiée, nous allons exposer la méthode que le savant professeur a adoptée et les résultats qu'il a obtenus.

Le beurre extrait de 20 grammes de chocolat à l'aide de l'éther est fondu dans un tube à essai de 12 à 15 millimètres de diamètre, bouché à l'une de ses extrémités et introduit dans un flacon à large ouverture au milieu duquel il est maintenu grâce à un bouchon qu'il traverse à frottement dur, lequel bouchon ferme le flacon. Ce dispositif, indiqué jadis par M. Dalican pour l'essai des corps gras en général, évite aux tubes le contact direct de l'air et les protège par conséquent contre les variations brusques de température. On plonge dans le beurre fondu un thermomètre qu'on suspend de façon que le réservoir occupe une position moyenne au sein du corps gras, puis on observe la descente de la colonne thermométrique jusqu'au moment où elle cesse, moment qui coïncide avec la solidification du beurre le long des parois du tube. On agite alors le beurre à trois ou quatre reprises, tantôt dans un sens tantôt dans un autre, à l'aide du thermomètre, puis on observe de nouveau ce dernier ; généralement, la colonne descend un peu lorsqu'on agite puis remonte après jusqu'à un degré qui est le *point de solidification* du corps gras. Le point de fusion est obtenu en sortant le tube du flacon qui le renferme et en chauffant très doucement le corps gras jusqu'à ce qu'on arrive à la fusion presque complète; on détermine à l'aide du thermomètre ce nouveau degré qui est le *point de fusion.*

M. Riche a trouvé le point de solidification du beurre de cacao égal à 25°,3; ce point est le chiffre moyen d'une série de déterminations dont les points extrêmes étaient 25 et 25°,5. Quant au point de fusion, les chiffres extrêmes étaient 30°,3 et 32°,4 et la moyenne était égale à 31°,5.

STATISTIQUE. La consommation du chocolat s'est beaucoup accrue depuis le commencement de ce siècle jusqu'en 1876; mais à partir de cette époque elle est restée stationnaire et a même diminué un peu à raison du prix élevé des cacaos, lequel résultait de plusieurs récoltes insuffisantes. On apprécie facilement l'importance de cette élévation de prix lorsqu'on voit qu'en 1879, la valeur du cacao consommé à l'état de chocolat a été fort supérieure à celle de 1876, quoique la quantité ait été moindre. Depuis cette époque l'accroissement de la consommation du chocolat a repris son cours et il faut souhaiter que rien ne vienne l'enrayer.

Tableau donnant le poids et la valeur du cacao consommé en France de 1827 à 1881. (Commerce spécial.)

Années	Quantités	Valeur moyenne
	kilogrammes	francs
1827 à 1836	809.004	
1837 à 1846	1.602.647	
1847 à 1856	2.835.641	
1857 à 1866	4.998.938	
1867 à 1876	8.005.500	
1876	9.937.213	17.191.378
1877	9.497.742	11.095.936
1878		
1879	9.851.000	24.628.000
1880	10.766.986	19.380.575
1881	12.201.785	21.763.213

Le tableau suivant montre la part que prennent les divers pays exportateurs de cacao dans l'importation en France, laquelle comprend aussi bien le cacao consommé dans notre pays que celui qui ne fait qu'y séjourner temporairement avant d'être réexporté en nature.

Tableau de l'importation du cacao en France. (Commerce général, année 1880.)

Pays d'exportation	Kilogrammes
Nouvelle-Grenade	5.289.813
Brésil	4.143.222
Vénézuela	2.867.975
Possessions espagnoles d'Amérique	1.292.000
Possessions anglaises d'Amérique	933.756
Angleterre	728.829
République de l'Equateur	693.363
Martinique	649.810
Haïti	522.737
Guadeloupe	218.695
Belgique	210.682
Portugal	152.449
Etats-Unis	139.863
Autres pays	131.908
	17.975.222

Le commerce spécial, c'est-à-dire celui qui représente le cacao consommé par les fabriques françaises, s'élevait à 10,766,986 kil. d'après la statistique de 1880. — ALB. R.

CHOCOLATERIE. Fabrique de chocolat, magasin où on le vend.

* **CHOCOLATIER, IÈRE.** 1° *T. de mét.* Celui ou celle qui fabrique du chocolat ou qui en vend. || 2° *Chocolatière.* Vase cylindrique où légèrement conique dans lequel on prépare le chocolat liquide; son couvercle est percé d'un trou pour laisser

passer le manche d'un moussoir que l'on fait rouler entre les mains pour agiter le chocolat || 3° Petite boîte destinée à contenir des bonbons au chocolat.

* **CHOCOLATINE.** Genre de bonbon au chocolat.

CHŒUR D'ÉGLISE. Les étymologistes font dériver le mot *chœur* de *corona* et de *chorus*. Dans la première hypothèse, on aurait appelé chœur la partie de l'église où les chanoines groupés en rond autour de l'évêque, les religieux formant cercle autour de l'abbé, figuraient une couronne vivante. La seconde étymologie paraît moins fantaisiste : le mot chœur dériverait tout simplement de *chorus* parce que chanoines et religieux se réunissaient en cet endroit pour chanter l'office et que, le côté gauche répondant au côté droit, il se formait ainsi deux demi-chœurs dont chacun psalmodiait son verset, comme la *strophe* et l'*anti-strophe* du théâtre grec. Quoi qu'il en soit et à ne considérer la question qu'au point de vue architectonique, le chœur est la quatrième partie de l'église en allant d'occident en orient : d'abord le porche, vestibule ou narthex ; puis la nef avec ses bas-côtés; ensuite le transsept, ou grande croisée ; enfin le chœur précédant immédiatement le sanctuaire. Cet ordre de succession n'existe que dans les édifices complets ; beaucoup d'églises de petite dimension ne se subdivisent pas ainsi, et le chœur y est souvent confondu avec le sanctuaire.

— Le chœur a toujours été la partie la plus soignée d'une église; c'est par là que les architectes commençaient ordinairement la construction de l'édifice, laissant à un continuateur le soin de poursuivre les travaux. De là le défaut d'unité qu'on remarque dans un grand nombre de cathédrales, de collégiales, d'églises paroissiales ou conventuelles. Le style changeait; les ressources diminuaient ou s'accroissaient dans une proportion qui amenait le second architecte à modifier les plans du premier. En certains lieux, le chœur a été conçu de telle façon que la construction du reste de l'édifice a été jugée impossible; c'est le cas de la cathédrale de Beauvais.

Tout autres sont les dimensions du chœur dans une église monastique, dans une cathédrale ou collégiale, dans une simple église paroissiale de village ou de petite ville. Les édifices religieux construits primitivement dans les monastères rappelèrent un peu, dans leurs dispositions, les temples païens dont l'entrée était réservée aux prêtres et aux initiés, tandis que la foule stationnait dans le πρὸ ναος, ou vestibule, dans le τεμένος, ou enceinte de verdure, au milieu de laquelle s'élevait le temple. De là le mot *profane* (*pro fano*, se tenant devant le temple et n'y pénétrant point).

Construites à la campagne, dans des solitudes, loin des centres de population, les églises monastiques étaient destinées presque exclusivement aux religieux. Les fidèles y venaient seulement aux fêtes solennelles, lors de l'exposition des reliques et des « corps saints » ; on leur réserva donc le bas de l'édifice, c'est-à-dire le porche et la nef, tandis que le chœur et le sanctuaire prirent des proportions considérables, en rapport avec le nombre des moines qui devaient chaque jour y chanter l'office canonial. Peu à peu des villages, des villes se groupèrent autour du monastère et demandèrent à assister aux offices, là où la clôture n'était pas d'obligation rigoureuse. On se rendit à leurs vœux et, à partir du XII^e^ siècle, lors de la reconstruction des églises de couvent, on agrandit la nef pour recevoir un plus grand nombre de fidèles. Mais alors les religieux, cloîtrés ou non, éprouvèrent le besoin de s'isoler pour vaquer plus librement à leurs exercices de piété ; ils fermèrent toute la partie de l'édifice comprise entre les premiers piliers du transsept et le chevet, et donnèrent ainsi au chœur de vastes dimensions. Dans les grandes églises monastiques, à Saint-Denis, à Cluny, à Saint-Bénigne de Dijon — pour ne citer que les plus connues, — la moitié de l'édifice fut affectée aux religieux. De hautes stalles historiées, des meubles de *revestiaire*, des châsses, des reliquaires, des tombeaux de pieux personnages servirent à former cette clôture. Le chœur, précédant toujours le sanctuaire, devint ainsi un lieu complètement fermé, une véritable église dans l'église, le maître autel et l'autel matutinal — celui devant lequel se chantaient les matines — étant exclusivement réservés aux moines. Les fidèles avaient pour eux la nef, les chapelles des bas-côtés et les deux autels du jubé, où la messe leur était dite.

On comprend que de telles dispositions ne pouvaient convenir aux églises cathédrales, siège de la juridiction épiscopale, lieu où les évêques s'efforçaient d'attirer la foule afin d'accroître d'autant leur pouvoir et leur influence. Ainsi que nous l'avons fait remarquer, après Viollet-le-Duc (V. CATHÉDRALE), c'est sur la population civile que les évêques s'appuyèrent pour contrebalancer la puissance monastique : les grands édifices religieux qu'ils firent construire aux XII^e^ et XIII^e^ siècles eurent donc le caractère d'une réaction du clergé séculier contre le clergé régulier. Les populations urbaines contribuant d'ailleurs très largement à l'édification des cathédrales, il était juste qu'on leur y fît une place proportionnée à leur importance et à leurs libéralités. Le chœur fut donc rejeté au delà du transsept; on abandonna, de plus, aux fidèles les bas-côtés du sanctuaire, et ils purent ainsi faire le tour du chevet.

Mais les chanoines se plaignirent bientôt de cette invasion ; l'office canonial les retenant une partie du jour dans leurs stalles, ils songèrent à imiter les religieux, autant pour se préserver des courants d'air que pour vaquer plus librement à la psalmodie. Ils profitèrent donc de la vacance du siège pour se clore et obtinrent souvent aussi de l'évêque la permission de s'enfermer dans leur chœur.

Avec la réduction du nombre des chanoines, l'abréviation de l'office canonial et la transformation de plusieurs cathédrales en simples églises paroissiales la clôture du chœur s'abaissa et disparut même, plus ou moins complètement, là où le mérite artistique des stalles et des jubés n'en commanda point la conservation. Quant aux églises collégiales où le clergé s'était modelé sur celui des cathédrales ou des monastèree, en perdant leur chapitre, elles ont perdu, du même coup, la raison d'être de leur chœur et de la clôture qui l'entourait.

Restent les simples églises paroissiales, où le chœur a toujours eu des dimensions en rapport avec le nombre des prêtres appelés à les desservir. Là où il existait un « mé-part », c'est-à-dire un certain nombre de vicarès à la *mauvaise part*, ou portion congrue, un petit chœur précédait la nef ; ailleurs ces deux parties de l'église étaient souvent confondues ; parfois même le lutrin — contrairement à la disposition consacrée pour les cathédrales et les églises monastiques — se trouvait soit au chevet, soit derrière l'autel.

Nous ne terminerons point ce court exposé sans dire quelques mots d'une particularité qu'on a remarquée dans le chœur de plusieurs églises, et dont on a donné diverses explications; nous voulons parler de la légère inclinaison de cette partie de l'édifice vers l'Orient et en dehors de l'axe général du bâtiment. Les symbolistes chrétiens y ont vu généralement l'emblème de la tête du Christ penchée sur la poitrine au moment où il rend le dernier soupir; on sait, en effet, que le plan d'une église à transsept figure une croix, et que le chevet est ainsi nommé parce qu'il représente la place où repose la

tête du crucifié. Cette interprétation mystique n'est pas la seule : l'Orient, où le christianisme a pris naissance, a toujours été le point vers lequel se sont dirigés les regards des chrétiens; les églises sont tournées de ce côté; les pélerins y ont toujours tendu; les musulmans eux-mêmes font leurs prières dans cette direction; de là, disent d'autres symbolistes, l'inclinaison vers l'Orient de certains chœurs et de certains chevets. Une troisième explication, beaucoup plus simple, a été donnée par Viollet-le-Duc : elle consiste à faire remarquer, d'une part, que la rectitude mathématique des lignes, telle qu'on l'observe aujourd'hui, n'était pas dans la pratique habituelle des architectes du moyen âge, et, d'autre part, que la nécessité d'accoler aux chevets, aux chœurs des églises, de nombreux édifices annexes, tels que maisons conventuelles, canoniales, épiscopales, revestiaires, charniers, cloîtres, auditoires, salles synodales, etc, obligeait parfois les architectes à faire biaiser leurs constructions, de manière à réserver la place nécessaire à d'autres bâtiments.

Nous ne prendrons point parti dans ce débat entre le naturalisme architectonique et le symbolisme chrétien; qu'il nous suffise de faire remarquer que les chœurs d'église ont joué un grand rôle dans l'histoire de l'architecture religieuse. C'est là que les architectes ont varié leur ornementation à l'infini, que les « tailleurs d'ymaiges» ont déployé toute la richesse de leurs bas-reliefs, que les sculpteurs sur bois ont merveilleusement fouillé le chêne pour la décoration des stalles, que les verriers ont placé leurs plus magnifiques vitraux; que les peintres ont exécuté leurs plus belles peintures murales; c'est là qu'ils ont suspendu — comme les membres de l'Académie de Saint-Luc le faisaient au chœur de Notre-Dame de Paris — leurs pages les mieux réussies. C'est là aussi qu'aux XVII^e^ et XVIII^e^ siècles, sous l'influence d'un goût plus profane que religieux, on a prodigué le marbre, le stuc, les dorures, en recouvrant parfois des fresques et des sculptures du plus grand intérêt; heureux quand on ne les brisait pas, quand on ne les enfouissait pas sous le badigeon!

Enfin, c'est dans le chœur des vieilles églises, où il existe souvent des cryptes, qu'on fait généralement les plus précieuses découvertes, témoins les débris de toute nature qu'on exhuma, en 1711, à Notre-Dame, et qui constituent les monuments les plus anciens du vieux Paris. — L. M. T.

* **CHOGRAMME.** *T. techn.* Serrure à combinaisons fondée sur le principe des serrures égyptiennes.

* **CHOISISSEUSE.** *T. de mét.* Ouvrière qui découpe les chiffons pour la fabrication du papier.

* **CHOIX.** *Art hérald. Armes de choix*. Armoiries qu'un particulier compose à sa fantaisie et sans les avoir acquises ; on dit aussi *armes arbitraires*.

* **CHOKE-BORE** (Des deux verbes anglais *to choke* étrangler et *to bore* forer). Par ce mot on entend le *forage* à *étranglement* de l'âme des canons de certains fusils de chasse. La partie étranglée, ménagée dans le voisinage de la bouche du canon, a pour but, non seulement d'assurer la concentration de la charge de plomb, mais surtout d'en rendre la distribution plus régulière et d'en augmenter la pénétration. — V. FUSIL DE CHASSE.

* **CHONDRINE.** Matière gélatineuse confondue longtemps avec la gélatine proprement dite. D'après M. Mudler, elle a la composition suivante: carbone, 50,61; hydrogène, 6,58; oxygène, 28,37; azote, 14,44. La chondrine est fournie par les cartilages tandis que la gélatine est produite par les os et les muscles. On la prépare en faisant bouillir avec de l'eau des ligaments et des cartilages. La solution se prend en une gelée compacte qu'on traite par l'éther pour dissoudre les corps gras. La chondrine se distingue de la gélatine par ce fait qu'elle donne un précipité abondant de flocons blancs par le sulfate d'alumine ou par un acide: — V. GÉLATINE.

* **CHONDRODITE.** *T. de minér.* Substance minérale qui a de grands rapports avec le péridot; elle est infusible au chalumeau; sa dureté est comprise entre celle du quartz et du feldspath orthose; avec le borax elle produit un verre diaphane. Elle se présente sous la forme de grains arrondis, jaunâtres, quelquefois grisâtres ou verdâtres, disséminés dans les calcaires saccharoïdes.

— On trouve la chondrodite en Saxe, en Finlande, aux Etats-Unis, en Suède et en Norwège.

* **CHONDROMÈTRE.** Instrument qui sert à vérifier le poids des grains et des farines.

* **CHOPE.** Sorte de long gobelet, en forme de cône tronqué contenant une mesure de bière d'environ un demi-litre et que l'on remplace généralement aujourd'hui dans les cafés et les brasseries par le *bock* d'importation anglaise.

CHOPINE. 1° C'était, avant l'adoption du système métrique, une mesure de capacité pour les liquides qui contenait la moitié d'une pinte, un peu moins de 5 décilitres; aujourd'hui la chopine vaut un demi-litre. — V. CAPACITÉ (Mesures de). || 2° Boîte cylindrique, percée de trous, placée au-dessous du piston d'une pompe; on dit aussi *chopinette*.

* **CHOQUE.** *T. techn.* Ancien outil de chapelier qui servait à donner au feutre la forme du chapeau; il était en cuivre, ayant l'un de ses côtés contourné en rond pour mieux embrasser la forme du chapeau, et l'autre roulé pour servir de poignée. On écrivait aussi *choc*.

* **CHOQUETTE.** *T. techn.* Se dit des cocons de vers à soie qui ne fournissent que des soies de qualité inférieure.

* **CHOQUET DE LINDU** (A.), ingénieur en chef de la marine, né en 1712. Après avoir servi dans la marine comme écrivain, il passa sous les ordres de Blaise Ollivier, devint sous-ingénieur, en 1743, et succéda à son maître, en 1746, comme ingénieur en chef du port de Brest. On lui doit une grande partie des constructions élevées dans ce port de 1738 à 1783. Nous citerons dans le nombre: trois cales de construction à Bordenave; les anciennes forges démolies en 1789; la prison de Pontaniou; le grand magasin aux fers et la menuiserie; le magasin général et la corderie haute, travaux exécutés sous la direction d'Ollivier; les magasins qui entourent la forme de Brest; le bagne; les trois formes de Pontaniou commencées par Ollivier; les casernes du quartier de la marine; la manufacture de toiles à voiles; la cayenne ou caserne des marins, jusqu'au premier

étage ; la porte d'entrée principale du port, aujourd'hui déplacée, par suite de l'agrandissement du bassin de Brest et du passage du chemin de fer ; le magasin aux fers avec la salle des gabarits ; la boulangerie du parc aux vivres ; l'hôpital de Pontanezen ; la tour du phare d'Ouessant ; enfin la digue et la première écluse de l'anse Kerhuon. Choquet de Lindu, retraité en 1784, est mort en 1790. Il a laissé une *description des formes et du bagne de Brest*.

* **CHOROK**. Nom d'une espèce de *marte* dont la fourrure est estimée.

CHOU. *T. techn.* Les tapissiers donnent ce nom au nœud formé avec l'étoffe d'une draperie. || Bouffette, nœuds de ruban qui fait partie de la toilette des femmes et des enfants. || Sorte de pâtisserie. || *Art hérald.* Représentation d'un chou dans les armoiries : *chou pommé d'or, d'argent*.

CHOUCROUTE. Dénomination francisée d'une préparation particulière du chou, très répandue en Allemagne où on la nomme *sauerkraut*. Presque toutes les variétés du chou peuvent servir à faire la choucroute. Cependant on donne la préférence au chou cabus, au chou blanc et au chou de Milan, pommés et à nervures peu épaisses.

Fabrication. On commence généralement la fabrication vers l'automne. Les choux arrachés sont entassés dans un endroit couvert, où doit régner une température peu élevée. Quand les

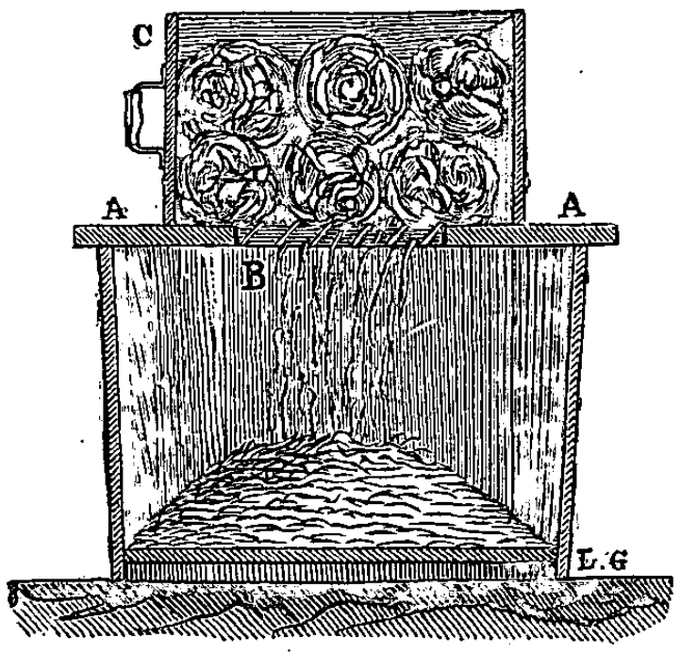


Fig. 212.

têtes sont devenues blanches, on en enlève les feuilles pendantes, on coupe la tige aussi près que possible de la pomme du chou, et, avec une sorte de tarière, on retire la partie de tige qui se prolonge à l'intérieur. Il faut alors découper les choux en petites lanières : à cet effet, dans la fabrication en grand, on emploie l'appareil représenté figure 212. Sur un cuvier se trouve fixé une planchette A, portant cinq ou six lames B en acier, tranchantes, inclinées, ayant une largeur de 15 à 20 centimètres. Une trémie C, que l'on anime d'un mouvement de va et vient, glisse sur cette planchette. Les choux placés dans cette trémie et comprimés à la main, viennent se présenter sur les lames où ils se divisent en rubans qui tombent dans le cuvier. Ces rubans sont empilés dans un tonneau ouvert à l'une des extrémités et dont la bonde doit être soigneusement close. Cette mise en tonneau se fait de la manière suivante : sur le fond du tonneau on place une couche de choux hachés, d'environ 15 centimètres d'épaisseur. Sur cette couche on répand du sel de cuisine (environ

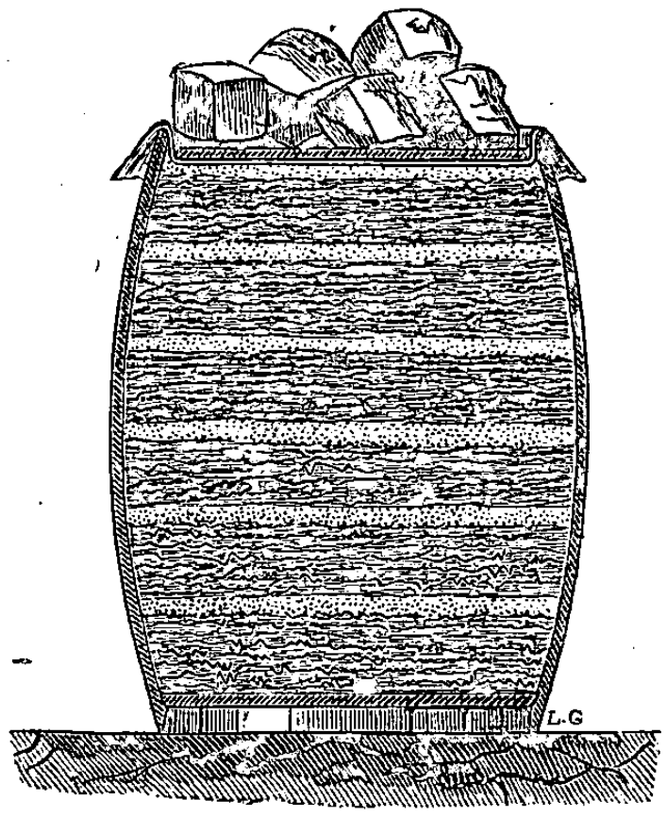


Fig. 213.

3 kilogrammes par hectolitre de choucroute), auquel on ajoute quelques baies de genièvre. On continue ainsi à remplir par couches alternatives de choux hachés et de sel en ayant soin de fouler soigneusement de trois en trois couches. Le tonneau étant plein jusqu'à environ 12 centi-

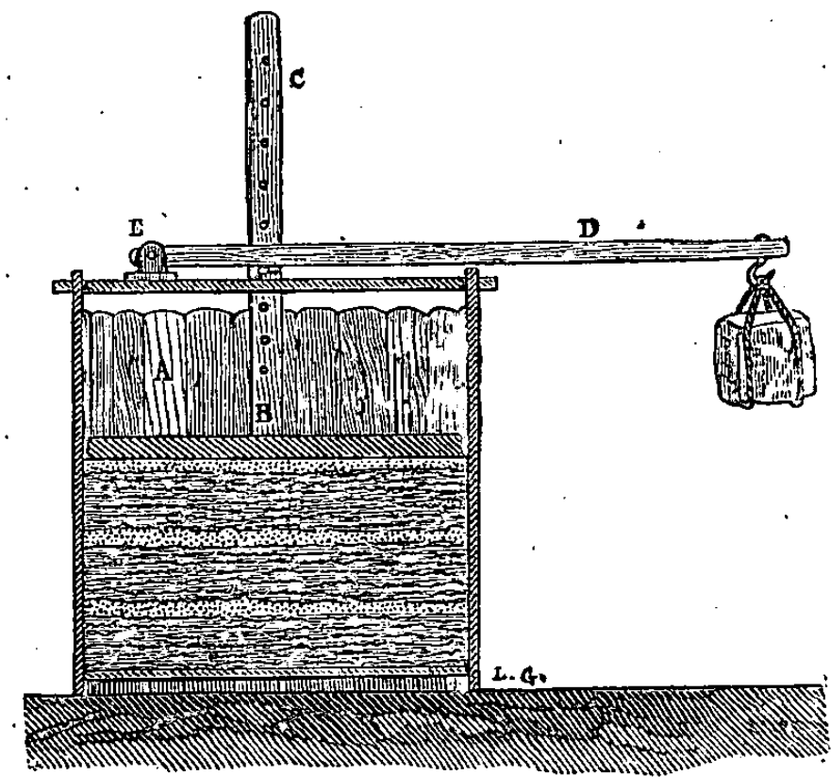


Fig. 214.

mètres du bord, on répand une dernière couche de sel, et l'on place sur le tout un linge bien propre et un fond mobile. Des grosses pierres sont placées sur ce fond, (fig. 213). La fermentation acide se développe ; pendant cette période on lave soigneusement la choucroute tous les deux jours, et comme celle-ci se tasse, on ajoute une nouvelle quantité de choux hachés : Au bout de huit jours,

le fond mobile se recouvre d'un liquide boueux et fétide que l'on enlève tous les cinq ou six jours. Quinze jours après, la choucroute peut être livrée à la consommation. On découvre le tonneau, on prend la quantité de choucroute dont on a besoin ; le liquide qui surnage est enlevé, puis remplacé par une couche de deux à trois centimètres d'eau plus ou moins salée suivant la quantité de sel que contient la choucroute. Cette eau, qui préserve la choucroute du contact de l'air doit être renouvelée au moins tous les huit jours.

Passons maintenant à l'examen rapide d'un appareil employé dans les Vosges par les cultivateurs pour leur consommation personnelle. La division des choux se fait à l'aide d'un couteau décrivant un arc de cercle autour d'un axe fixé sur une planchette. Le couteau employé par les boulangers pour débiter le pain, donne l'idée exacte de l'instrument dont nous parlons. Les choux divisés en lanières sont placés dans l'appareil représenté figure 214. C'est un cylindre en bois A dans lequel on empile les choux comme nous l'avons indiqué précédemment. Un fond mobile B peut se mouvoir dans ce cylindre ; une tige verticale C percée de trous également distants, fait corps avec ce fond ; un levier D articulé en E sur une traverse supérieure, reçoit un contre-poids. On voit donc qu'en introduisant une cheville dans l'un des trous de la tige C, le levier passant sur cette cheville transmettra l'effort du contre-poids sur le faux-fond.

Les soins à donner pendant la fermentation sont les mêmes que ceux indiqués plus haut. Pour prendre de la choucroute, on enlève le contre-poids et on retire le faux-fond. La quantité voulue étant prise on replace le tout dans la position primitive en ayant seulement soin de replacer la cheville à une hauteur supérieure à la précédente, puisque le niveau a baissé, dans le tonneau, de la quantité de choucroute enlevée. Ici encore la choucroute est préservée du contact de l'air par une faible couche d'eau salée.

Avant d'être consommée, elle doit être soumise à plusieurs lavages à l'eau fraîche ou même à l'eau bouillante si elle est trop salée.

Les choux ainsi transformés sont plus digestifs qu'à l'état ordinaire ; ils sont d'une saveur légèrement acide, et recherchés dans tous les pays où la bière est la boisson habituelle. C'est en Alsace et en Lorraine qu'a lieu spécialement cette fabrication. La choucroute constitue un aliment nourrissant, économique, très apprécié et très répandu dans les classes ouvrières.

On attribue à la choucroute des propriétés antiscorbutiques qui la font rechercher pour les approvisionnements maritimes, surtout en Angleterre. A bord, elle est soumise à des soins spéciaux. Bien foulée dans des tonneaux, elle est recouverte de saumure fraîche que l'on renouvelle très fréquemment. Si l'on n'a pas de saumure fraîche, on fait bouillir l'ancienne qu'on utilise de nouveau après l'avoir laissée refroidir. Quelques millièmes d'acide sulfureux introduits dans les tonneaux facilitent beaucoup la conservation de la choucroute.

CHOUGUET ou **CHOUQUET**. *T. techn.* Billot sur lequel on rabat les filières dans les tréfileries.

CHRÊMEAU. Petit bonnet de linge fin dont on recouvre la tête de l'enfant qui vient de recevoir l'onction du saint chrême, dans la cérémonie du baptême, et qui représente la tunique blanche, symbole de l'innocence, dont on revêtait les catéchumènes après le baptême, dans les premiers temps du christianisme.

CHRÉTIEN (Art). Il n'est pas facile d'écrire sur l'art chrétien. Deux écueils attendent ici la critique : l'un est l'excès de dévotion qui fait fermer les yeux sur les fautes les plus intolérables pourvu que l'âme soit satisfaite ; l'autre est cette sécheresse de sentiment, ce dédain philosophique qui enlèvent toute intelligence d'un art fondé sur le principe religieux.

On a beaucoup discuté sur la question de savoir à quelle époque les chrétiens ont commencé à faire des images religieuses. Beaucoup d'écrivains pensent que ces antiques images ne sont pas l'œuvre des chrétiens orthodoxes et se rattachent plutôt aux premières hérésies. M. Raoul Rochette, dans un discours sur l'art du christianisme, attribue aux gnostiques les premières images du *Christ* (V. ce mot). De là on peut conclure que les chrétiens se laissèrent induire à les adopter pour leur propre usage à mesure que l'opinion de l'Eglise se relâche de son ancienne aversion pour les monuments de l'idolâtrie, « Il y a toute apparence, en effet, que dès le commencement du IIIe siècle les images du Christ circulaient dans les mains des fidèles, de ceux du moins du dernier ordre, particulièrement à Rome où le gnosticisme avait obtenu à cette époque tant de faveur et gagné tant de prosélytes. »

En effet, parmi les peintures des catacombes de Rome, un grand nombre est considéré comme antérieur à Constantin, et c'est dans le temps des martyrs qu'il faut chercher les premiers essais de l'art religieux des chrétiens. Mais ces essais sont isolés de l'Eglise, ils représentent un art indépendant qui tâtonne et n'a pas d'unité de direction ; un grand nombre d'entre eux peuvent appartenir à des sectes hérétiques. Il est donc impossible de trouver un lien qui rattache ces tentatives à un corps de doctrine comme art. Les traditions de l'art païen étaient dégénérées, mais non remplacées et les artistes chrétiens ne faisaient qu'appliquer au culte nouveau un mode de représentation le plus souvent emprunté à l'ancien culte. Au surplus, on ignore absolument quels étaient les artistes qui faisaient ces sortes de représentations et on peut se livrer à cet égard aux conjectures les plus diverses. Quand on voit, par exemple, Mercure amenant devant le Christ les âmes qui vont être jugées, on peut supposer que l'artiste était peu instruit dans les choses de la religion et qu'il mêlait d'une façon inconsciente des idées qui s'excluent ; mais on peut croire aussi que voulant peindre un messager entre les hommes et la divinité, il ait trouvé tout naturel de lui donner les attributs de Mercure qui remplissait cet office dans l'ancien culte.

La première période de l'art chrétien nous montre donc les artistes sans guide et livrés à eux-mêmes. Il en fut tout autrement quand le culte fut officiel, et que l'Eglise voulut multiplier les images qu'elle considérait comme un moyen de propagande et comme le livre des illettrés. Les images devinrent alors un mode d'enseignement religieux, et dès lors elles ne pouvaient plus être laissées à l'arbitraire de l'artiste, parce qu'elles devaient représenter d'une manière exacte l'opinion de l'Eglise et ne pas égarer les fidèles.

Entre deux sectes chrétiennes, l'une affirmait que Jésus-Christ était, comme homme, fils de la Vierge Marie, mais que, comme Dieu, il n'était fils que du Père Eternel, l'autre soutenait que comme homme et comme Dieu il était l'enfant de Marie et cela se traduisait dans la représentation. L'image de la Vierge avec ou sans l'enfant Jésus, l'attitude des personnages représentés, le geste d'une figure ne pouvaient être laissés au goût de l'artiste parce que tout cela avait une signification orthodoxe ou hérétique et le peintre n'était, comme le disent formellement les Pères, que la main qui travaille, non la pensée qui conçoit.

L'art exercé dans ces conditions ne devait donc être qu'une formule hiératique, une sorte d'hiéroglyphe dont la valeur était non le signe, mais la chose signifiée. C'est là le caractère de la seconde période de l'art chrétien qui a duré en Orient tout le temps de l'empire de Bysance et en Occident jusqu'à la formation des communes. Les artistes de cette période sont tous des moines et la déplorable inexpérience de formes qui caractérise leurs ouvrages est le résultat naturel d'une éducation artistique qui ne s'appuie ni sur la nature ni sur la tradition des chefs-d'œuvre. Ils étaient arrêtés à la fois par la discipline imposée à l'inspiration et par la spiritualité d'un culte qui défendait l'étude du nu comme une impureté, et l'étude des chefs-d'œuvre du passé comme une impiété.

La formation des communes en donnant aux populations urbaines une indépendance qui permît le développement de l'industrie sous toutes ses formes eut pour effet de créer des artistes laïques faisant concurrence aux moines artistes. Dès lors l'art cessa d'être dogmatique et ceux qui le pratiquaient, n'ayant d'autre règle que leur propre goût, lui donnèrent un caractère plus humain, plus vrai et plus beau, mais en même temps le sentiment religieux diminue, et quand la Renaissance tenta d'appliquer aux sujets chrétiens des formes empruntées au paganisme, l'art s'éleva à une hauteur prodigieuse, mais ne retrouva plus les élans de piété naïve qu'il avait eus autrefois.

L'art chrétien, dans son ensemble, comprend donc trois périodes distinctes: la première, qui répond à l'âge primitif du christianisme, montre les tâtonnements d'une inspiration qui veut se détacher du paganisme et qui est encore tout imprégnée des habitudes de la société antique. Les catacombes de Rome et les plus anciennes mosaïques en fournissent des exemples pour la peinture et la sculpture; dans l'architecture, la basilique calquée sur les édifices romains fournit le premier modèle de nos églises. La seconde période est dogmatique: elle répond au triomphe absolu et incontesté de l'idée chrétienne et produit l'art byzantin et l'architecture latine et romane. Enfin la troisième part de l'émancipation des communes et produit l'architecture ogivale et la Renaissance.

L'iconographie chrétienne est l'étude des représentations peintes ou sculptées qui ont trait à la religion; c'est la connaissance des images et des attributs qui les caractérisent. La représentation des types religieux a subi des transformations qui répondent à l'époque où ils ont été produits.

Les emblèmes sont accompagnés d'instructions qui marquent l'esprit du temps. Souvent aussi les emblèmes sont groupés avec des scènes allégoriques. Ainsi le *pêcheur* qui prend les poissons (symbole de l'apôtre qui pêche les hommes pour les convertir), la *vendange*, la *moisson*, le *banquet*, le *pasteur*, sont des signes que tous les chrétiens comprenaient et qui pour la plupart sont tirés des paraboles de l'Evangile.

Les sujets tirés de l'Ancien-Testament, très nombreux dans les catacombes, ne doivent pas être pris dans le sens purement historique. « Ils n'étaient pas abandonnés au libre choix des artistes et leur signification dépassait le fait historique pour l'idéaliser et l'élever à la hauteur du symbole. Sur ces deux points, l'on a acquis une telle certitude qu'il est impossible de les contester. Les historiens bibliques qui ont fourni des sujets de compositions cent fois répétées, toujours d'après un même type, par les peintres et les sculpteurs, forment un cycle presque invariable tiré tour à tour de l'Ancien et du Nouveau-Testament. Le système symbolique de ce cycle hiératique nous est révélé non seulement par le choix et l'arrangement des sujets, mais par la manière même de les représenter et par les quelques rares monuments où les images sont accompagnées d'inscriptions. Noé, dans l'arche, recevant la colombe qui porte la branche d'olivier, est souvent remplacé par un enfant, quelquefois par une femme; une de ces femmes est nommée, elle s'appelle Juliana. Ce n'est donc pas le Noé historique que l'on a voulu représenter, mais plutôt le chrétien sauvé dans l'arche, c'est-à-dire dans l'église, mort en paix et reçu dans la paix du ciel. Moïse frappe le rocher et en fait jaillir l'eau; mais dans le ruisseau même que forme cette source miraculeuse, nous voyons quelquefois un poisson pris par le pêcheur. La parabole évangélique est donc mêlée ici à l'histoire mosaïque: de ce mélange résulte un sens complet évidemment symbolique. En effet, sur quelques vases de verre l'image qui frappe le rocher est nommée; elle ne s'appelle pas de son nom historique *Moyses*; mais d'un nom symbolique *Petrus*. Moïse apaisant dans le désert la soif du peuple élu, par la source qu'il fait découler de la pierre, figure Pierre, le nouveau Moïse du nouveau peuple, qui dans le désert de ce monde fait jaillir l'eau spirituelle et vivifiante de la foi en Jésus-Christ. La pierre est le Christ lui-même; S. Paul l'a dit en termes formels: *Petra autem erat Christus*.

D'après M. de Rossi (*Rome chrétienne souterraine*), les tombeaux creusés dans les catacombes appartiennent tous aux chrétiens, sans mélange de tombeaux païens. Ce qui peut faire naître ici des dissentiments avec d'autres savants, c'est la fréquence des sujets mythologiques et des peintures qui par la forme, la tournure et les attributs rappellent les types connus de l'art antique. Tout réside donc ici dans une question d'interprétation. Ainsi l'âme humaine figure souvent sous la forme d'une jeune fille pourvue d'ailes de papillon comme Psyché. L'aventure de Jonas rappelle le mythe d'Hercule ou Jason rejeté tout armé de la gueule du dragon qui l'avait englouti. Des médailles antiques sur le déluge de Deucalion présentent les mêmes détails que le Noé recevant le rameau d'olivier apporté par la colombe. La vendange, souvent représentée sur les tombeaux païens, se retrouve aussi dans les monuments chrétiens avec tout le cortège ordinaire de Bacchus, génies ailés, chèvres, tigres et panthères. Les fleuves, les villes, les saisons sont souvent personnifiées comme chez les païens et, comme eux encore, les premiers chrétiens mettent dans les tombeaux des bijoux, armes, instruments ou meubles qui avaient été chers au défunt.

Grands saints, martyrs héroïques suivant toute apparence, les artistes des catacombes ne sont

Fig. 215. — *Peinture symbolique des Catacombes de Rome, trouvée dans le cimetière Domitilla.*

rien comme artistes. L'imagination, le goût, l'habileté leur manquent. Ils avaient mieux que cela. Quelquefois, faute de temps et d'invention, surtout dans la période la plus reculée, ils emploient quelques-unes des formes symboliques du paganisme. Aussi trouve-t-on l'image d'Orphée à côté de celle d'Elie, de Job ou de Jonas (fig. 215). Ce n'est donc point à eux qu'il faut faire remonter nos types religieux et l'idéal chrétien.

L'art sous Constantin sortit de son tombeau. Le paganisme assailli de toutes parts lui fit une large place en croulant. Toutefois, ce renversement absolu des obstacles opposés à ses progrès, lui devint funeste. Jetés dans la fournaise, réduits en poussière, les dieux antiques disparurent et avec eux les grands modèles que les artistes chrétiens auraient consulté si utilement. Bien plus, on leur défendit de regarder ceux qui avaient échappé aux démolisseurs. Un peintre ayant osé s'inspirer d'une image de Jupiter dans l'espoir de donner à la tête du Christ un plus noble caractère, ses mains selon la légende furent subitement séchées. Il fallut pour qu'il en recouvrât l'usage que Gennade, archevêque de Constantinople, intercédât le ciel en faveur de l'artiste imprudent.

Le monde marche et l'art chrétien dévie de plus en plus de la voie qui pouvait le conduire à la sainteté et à la grandeur. Que d'ennemis ne rencontre-t-il pas sur sa route ? Ici la barbarie, ailleurs un luxe grossier, plus loin des préjugés opiniâtres, partout l'ignorance et le mauvais goût. Ce ne sont pas seulement des iconoclastes qui lui font la guerre, longtemps auparavant la théologie elle-même semblait avoir conjuré sa perte, certains Pères de l'Eglise le méprisent. Du haut de

leur dédain ils assimilent la peinture et la sculpture aux arts les plus vulgaires. Ce n'est pas tout. Une vive controverse s'est engagée sur le type le plus sublime de la religion. Le sauveur était-il d'une beauté accomplie? Oui, disent les uns; non, disent les autres. Saint Cyrille assure, d'après saint Justin, que Jésus-Christ s'est montré sous les apparences du plus laid des enfants des hommes, mais par humilité. Que fera l'art religieux au milieu de pareilles circonstances? Frappé à mort lorsqu'il commençait à se développer, il agonisait à la fin de la dynastie carlovingienne; vers le x^e^ et le xi^e^ siècle il semble disparaître au milieu de la tourmente. En réalité il ne saurait descendre plus bas.

Singulier phénomène! A l'instant où l'une des plus belles inventions de l'esprit humain semble se perdre, un mouvement étrange s'opère dans ce rude moyen âge et prépare la régénérescence de l'art. L'esprit de chevalerie uni à l'esprit du cloître semble créer un monde nouveau. Un idéal inconnu jusqu'alors est trouvé: l'idéal chrétien et catholique. Tantôt chaste comme l'innocence, pur comme les anges, il viendra de sa douce lumière dorer les hauts sommets de l'art; tantôt énergique comme les passions qui agitaient alors l'Italie ou sombre comme le grand poète qui l'avait réveillée, il imprimera aux arts une violente mais noble impulsion.

C'est au xiii^e^ siècle que se manifestent les premiers symptômes de ce grand changement. Deux écoles de peinture, deux rivales, l'école de Sienne et l'école de Florence commencent à secouer le joug de la tradition, à se révolter contre l'école byzantine dont le sceptre de plomb régentait l'art. Le Christ et la Vierge, ces deux types souverains, prennent un nouvel aspect. L'ovale exagéré des têtes se raccourcit, les draperies offrent plus de variété et de souplesse. Une âme humaine commence à éclairer tous ces visages. La grâce et la bonté se peignent dans les traits. Bientôt sur ce fond d'or d'où se détachent les personnages, on verra s'unir à la majesté de la reine des Anges la tendresse féminine de la mère de Jésus. L'art peu à peu revient à la nature, à la vie, mais sous les auspices de la religion.

Jamais, en effet, les circonstances ne furent plus favorables pour l'art chrétien. Deux institutions nouvellement fondées, les Ordres de Saint-Dominique et de Saint-François d'Assises prêtent au monde catholique un formidable appui. Entraîné dans ce courant du spiritualisme qui coule à pleins bords à travers l'Italie, les artistes prennent le rôle du moine et du prêtre. Par leurs productions innombrables, ils enseignent le dogme, puisant largement dans les textes sacrés qu'ils traduisent avec respect et avec amour, ou bien ils s'inspirent des légendes de saint François et de saint Dominique, légendes si populaires mais dont ils doublent encore la popularité. Ce grand et primitif essor de l'art catholique, M. Rio nous l'a montré avec un soin admirable. Les faits et les documents abondent dans son récit. Quelque curieux qu'il soit, nous ne l'y suivrons pas cependant, car sous les mille détails qu'il embrasse, le mouvement général de l'art devient peu facile à saisir. Il nous suffira d'indiquer les principaux résultats auxquels l'esprit arrive quand il se rend compte de ce livre: *l'Art chrétien* qui fait autorité.

Trois hommes qui furent les précurseurs des trois génies prodigieux qui renouent la chaîne des temps de Léonard de Vinci, de Michel-Ange et du Sanzio, trois hommes investis également par la nature de la souveraineté du talent, Giotto, Andrea Orgagna et Fra Angélico da Frisole remplissent de leurs œuvres et de leur renommée l'âge d'or de la peinture catholique et monacale : chacun d'eux fait briller à son tour un des côtés de cet art. Giotto représente l'originalité créatrice, Orgagna le côté épique, Fra Angélico l'ascétisme et la mysticité.

Peintre, architecte et sculpteur comme Michel-Ange, Giotto peut être considéré comme le Christophe Colomb de l'art moderne. Cimabuë, son maître, y représente Améric Vespuce. Nul ne fut doué plus largement que Giotto de cette merveilleuse souplesse d'esprit, de cette aptitude universelle qui caractérisent le génie fiévreux de l'Italie. Quel est l'audacieux qui rompt définitivement avec la tradition byzantine? Giotto. Qui met à la place de la tradition anguleuse, de la gravité pesante, la vérité et la flamme? Giotto. Quel est celui qui parle si bien la langue de l'Evangile? Giotto. Quel est enfin l'ami du Dante et celui qui s'arme du divin flambeau du poète pour pénétrer dans les profondeurs du symbolisme chrétien? Giotto. L'art catholique, grâce à Giotto Bondone, ressemble à ces fleuves qui sont navigables dès leur source.

Orgagna est le Polygnote de la peinture religieuse. Pathétique, ingénieux, habile à créer des contrastes, son robuste talent se déploie dans les compositions grandioses. Si le génie de Giotto éclate dans les peintures de l'église de Saint-François-d'Assise, ce Parthénon du moyen âge, celui d'Orgagna brille dans les fresques du Campo-Santo de Pise, le pœcile du catholicisme. Il possède la terreur mystique, nous dit M. Rio. Orgagna possède quelque chose de plus; l'esprit de charité évangélique. Le Christ dans la fresque où ce noble artiste a représenté le *Jugement dernier* n'est point un christ qui se venge comme celui de Buonarotti : le divin juge y montre ses plaies à ceux qui l'ont méconnu.

A Fra Angélico revient la gloire d'avoir été le représentant le plus pur, le plus candide de la mysticité tranquille et tendre. Dominicain dès sa première jeunesse, guidé par un des réformateurs de son ordre, il s'est avancé plus loin qu'aucun autre artiste dans les voies spirituelles, aussi rien n'égale ses vierges et ses anges pour la chasteté et la ferveur. Rien n'égale l'émotion religieuse qui brille dans ces peintures qu'un souffle céleste semble animer.

Notez que cette délicate fleur du jardin mystique, que ce talent d'une virginité si charmante s'épanouissait vers la moitié du xv^e^ siècle, à l'époque où ce merveilleux monument littéraire, surnommé Renaissance, changeait la face du

monde et donnait à l'art un autre soutien que le catholicisme, la *Divine Comédie* et les légendes des saints. Ce point d'appui, ce fut l'antiquité sortant peu à peu du nuage qui, depuis tant de siècles, voilait sa face radieuse. Ce point d'appui, ce fut l'observation de la nature dont on voulut pénétrer les secrets, ce fut l'étude du corps humain et du nu, étude fondamentale dont quelques statues grecques, nouvellement découvertes, faisaient reconnaître la nécessité absolue, étude dont l'oubli complet par les artistes des IXe et Xe siècles et même par ceux des siècles précédents, avait précipité l'art dans la barbarie.

Et cependant ils ne sont pas les seuls coupables, si nous tenons compte des préjugés et des usages. Les mœurs défendaient aux artistes de consulter le modèle nu ; l'usage, à partir du temps de Charlemagne, emprisonna le corps humain dans un vêtement de fer.

Un homme avait devancé ce grand mouvement. Cet homme est Giotto. Esprit net et positif, il comprit que sans renoncer aux grandeurs morales pour son art, il fallait que celui-ci pour ne plus chanceler fût assis sur une base solide et terrestre. Aussi cherche-t-il ses modèles dans la nature. Mis en pratique par les disciples du maître, poussé plus tard jusque dans ses dernières conséquences, ce principe prépare de nouvelles révolutions pour l'avenir.

Le goût du vrai devait éveiller chez les artistes le goût de l'antique. Ces âmes italiennes étaient faites pour le comprendre, pour admirer sa grâce infinie. Un grand nombre est captivé. Ghiberti, l'auteur de ces portes dignes d'orner le paradis au dire de Michel-Ange, le pieux Ghiberti, contre toute logique, contre toute attente, prend feu pour cette société païenne que l'Eglise lui ordonne de maudire ; une voix intérieure l'avertit que la beauté s'est épanouie dans d'autres sphères que celles du dogmatisme absolu.

La lutte s'engage. Le XVe siècle nous montre l'antagonisme des deux principes contraires. D'un côté l'école mystique qui marche en avant de la grande armée des peintres catholiques, école dont Fra Angelico et Benozzo Gozzoli sont chefs avant le Perugin, ce maître admirable du premier des maîtres, de l'autre un groupe audacieux de novateurs parmi lesquels se distinguent Paslo Necello, Masolino, Masaccio, et Fra Filippo Lippi. Savonorale, le réformateur inspiré de Florence, Savonorale le saint, le martyr, est avec les premiers. Les Médicis protègent les seconds. Savonorale dit aux artistes : « C'est par de là les objets visibles qu'il faut chercher la beauté suprême dans son essence. Les Médicis les aiguillonnent et les détournent du vieux mysticisme en étalant devant eux des marbres antiques, des pierres gravées, des médailles qu'ils ont rassemblés à grands frais.

A partir de cette époque, la peinture entre dans une voie nouvelle. Reproduire l'idée chrétienne naïvement ou dans une rude simplicité n'est plus l'unique objet des efforts de l'artiste. Moins soutenu par ses croyances, mais plus sûr de ses procédés, il s'applique à gagner les cœurs en charmant les yeux. La chair ne l'embarrasse plus comme auparavant. Exactitude, beauté matérielle de la forme, coloris, perspective, toutes ces choses ignorées ou négligées le rendent de plus en plus attentif. Que cette révolution ait eu ses scandales, ses folies, on ne s'en étonnera point, quelle révolution pourrait s'en affranchir ! Mais parce que l'art suit de toute nécessité le mouvement de la pensée humaine, devenue inhabile à se maintenir plus longtemps dans les régions de la théologie mystique, parce qu'il se tourne vers l'antiquité, source éternelle de vie et de jeunesse, faut-il, comme M. Rio, tonner contre l'invasion du paganisme et de l'idolâtrie et crier à l'impiété ?

Celui qui écrit l'histoire de l'art et même celle de l'art chrétien ne doit pas se laisser aller à des appréciations passionnées, ses bras doivent s'ouvrir pour tout ce qui est grand, pour tout ce qui est beau, quand bien même le grand et le beau seraient en dehors du cercle saint et de l'orthodoxie. Condamner dans l'art sous le nom de naturalisme tout ce qui ne répond point absolument aux aspirations d'une dévotion exaltée, lancer l'anathème, au nom de l'idéal chrétien, contre toute œuvre inspirée par la mythologie ce n'est point le fait d'un critique ni d'un juge, c'est celui d'un théologien irrité.

D'abord incertain et timide au moyen âge en présence de la nature que l'ascétisme lui enseignait à regarder comme une ennemie, l'art éclairé par l'antique osa la regarder fixement à la Renaissance. Bientôt épris de ses merveilleux attraits, il forma avec elle une étroite union. Léonard de Vinci, Michel-Ange et surtout leur jeune et brillant rival, le peintre admirable des Stanze, ont prouvé au monde, par d'éclatants exemples, la beauté et la puissance de cette alliance alors toute nouvelle. Il suffit de se rappeler les œuvres principales de ces hommes immortels pour être convaincu que jamais l'idée chrétienne, malgré la magnifique enveloppe matérielle dont elle fut revêtue, n'eut plus d'éclat, d'autorité et de profondeur; nulle part la peinture religieuse n'est plus évangélique que dans la *Cène* de Léonard, plus pathétique que dans le *Spasimo*, plus hautement catholique et sacerdotale que dans la *Dispute du Saint-Sacrement*, plus apostolique que dans les cartons de Hampton-Court, aujourd'hui à Kensington, plus accomplie que dans la *Transfiguration*. Le génie d'Israël n'éclate pas seulement dans les livres saints, vous le retrouvez dans les terribles prophéties de la chapelle Sixtine.

Il faut reconnaître aussi que ce sublime effort est la dernière phase et comme le couronnement du grand art chrétien. Peu après l'équilibre fut rompu. Précédemment la religion débordait l'art, postérieurement l'art déborda la religion, la décadence en tout pays fut rapide, surtout après la blessure que fit à l'art le protestantisme. Mais d'autres formes de l'art chrétien appellent notre attention.

La première église a été le cénacle où Jésus-Christ a célébré la Pâque au milieu de ses apôtres en instituant le sacrement de l'Eucharistie. C'était une salle destinée au repas et rien ne peut faire supposer qu'elle eût quelque chose de particu-

lier dans sa construction. La salle où les apôtres reçurent le Saint-Esprit, celle où se tint le premier concile général sont également en dehors des investigations des historiens de l'art. Il est à peu près certain que les premiers chrétiens n'avaient pas de monuments spécialement consacrés au culte, et que les réunions des fidèles se faisaient sans que ceux-ci éprouvassent le besoin d'avoir des édifices pour cet usage.

On admet néanmoins que sous Septime-Sévère il y avait déjà des édifices spéciaux et les édits de Dioclétien prouvent assez que de son temps, où les chrétiens ne formaient pas, même en Orient, plus d'un dixième de la population, les églises étaient pourtant nombreuses.

Les chrétiens étaient arrivés à cette époque à un état de prospérité qu'ils n'avaient pas encore connu. L'empereur Dioclétien était tolérant par goût, par caractère et par système, et la conciliation entre les diverses sectes religieuses, sous une protection commune allait d'autant mieux à ses idées que plusieurs femmes de sa famille étaient ouvertement chrétiennes; mais les deux césars, Maximien et Galère, soldats parvenus, qui ne devaient leur grandeur qu'à leur épée, avaient pour le nom chrétien une haine implacable et se faisaient auprès de l'empereur les interprètes du sentiment populaire très hostile au culte nouveau. Une église bâtie à Nicomédie par les chrétiens s'élevait plus haut que les temples et que le palais de l'empereur, et la populace voyait là un acte d'orgueil inouï de la part d'une secte universellement méprisée. Galère ne voyait le succès de l'empire que dans une persécution à laquelle Dioclétien se refusa longtemps; mais les églises étant considérées comme des lieux de réunions dangereuses, il en ordonna enfin la destruction; les portes de l'église de Nicomédie furent enfoncées et l'édifice démoli séance tenante. Les églises furent fermées ou détruites partout, et c'est par l'inventaire très détaillé qu'en firent les magistrats que nous savons ce qu'elles renfermaient : dans celle de Cyrta, par exemple, on prit deux calices d'or, six d'argent, six urnes, un vase, sept lampes d'argent, une quantité d'objets de cuivre. Les églises qui furent rebâties après la persécution durent être conçues d'après un style analogue à celles qui existaient auparavant. D'une part, elles devaient avoir la forme d'un vaisseau, par allusion à la barque de saint Pierre dont Jésus-Christ est le pilote, de l'autre on cherchait en général à leur donner la forme d'une croix. Tout semble avoir eu une signification mystique. Eusèbe nous apprend que l'abside du Saint-Sépulcre était couronnée par douze colonnes en l'honneur des douze apôtres, les trois portes répondaient à la Trinité, le toit de la cuve baptismale reposait sur quatre piliers qui sont les évangélistes, les sept fenêtres sont les sept sacrements, etc.

De même que la peinture et la sculpture, ne pouvant plus étudier les chefs-d'œuvre de l'art païen, conservent malgré tout des réminiscences d'école, nous voyons l'architecture conserver quelque temps les habitudes antiques; mais sans se soucier aucunement de ces proportions dont le passé était si jaloux. Le désordre est le caractère dominant du premier style chrétien. On arrache des colonnes finement travaillées à des temples détruits et on les pose sur des piédestaux grossiers; on prodigue les ornements sans en calculer les profils, on associe indistinctement des chapiteaux d'ordres différents, on interrompt les entablements, on prive les frontons de leur base. Image fidèle d'une société en désarroi, l'architecture s'essaie sur tous les tons, sans pouvoir trouver un style à elle. En conservant, faute de concevoir autre chose, la forme des anciennes basiliques romaines, elle en altère absolument la grandeur et la pureté.

Les basiliques romaines, en effet, ont été les modèles des premières églises chrétiennes. La basilique antique servait de bourse et de tribunal (V. Basilique); à l'intérieur l'édifice était séparé dans toute sa longueur par deux et quelquefois quatre rangées de colonnes, formant ainsi trois ou cinq nefs. Celle du milieu était beaucoup plus grande et se terminait à son extrémité par un hémicycle où se tenait le président ayant à ses côtés les juges assesseurs. Cette disposition pouvait, beaucoup mieux que celle des temples païens, s'adapter aux besoins du nouveau culte. L'évêque prit dans l'hémicycle la place du président; il avait un siège ordinairement en marbre, *cathedra*, plus élevé que les bancs de pierre destinés aux prêtres qui tenaient ainsi la place des juges assesseurs (V. Cathédrale). Dans les basiliques romaines les avocats se tenaient entre l'hémicycle où siégeait le tribunal et la nef où était le public. Cet emplacement prit le nom de *chœur* (V. ce mot) et devint une place privilégiée pour les chantres et les ecclésiastiques. L'*autel* fut placé entre le *chœur* et l'*hémicycle*, qui reçut le nom de *tribune* et devint plus tard l'*abside*. L'*ambon* fut établi en avant de l'autel : c'est là qu'on lisait l'épître ou l'évangile, et on y montait par un escalier de chaque côté. Les nefs furent occupées par les fidèles, les hommes se mettaient à droite et les femmes à gauche. Mais les nefs latérales portaient une galerie soutenue par des colonnes; ce fut la place qu'on assigna aux vierges, aux veuves et aux personnes consacrées au Seigneur. Enfin, dans les nefs latérales, on établissait des salles séparées par des cloisons et servant de sacristies ou de lieux de purification.

Les basiliques chrétiennes étaient précédées d'un portique appelé *narthex* ou porche, dont les arcades étaient fermées par des rideaux suspendus à des tringles. Quelquefois le narthex se développait autour d'une cour quadrilatérale au milieu de laquelle les chrétiens mettaient une fontaine jaillissante destinée à se laver les mains et la bouche avant d'entrer; de là l'usage de l'eau bénite. Autour du bassin, se tenaient les pénitents à qui l'entrée de l'église était interdite; vêtus de deuil, la tête couverte de cendres, exposés à la pluie et au froid, ils imploraient les prières des fidèles admis à la communion. Tout était absolument réglé dans la cérémonie du culte comme dans l'édification de l'église.

Le lieu consacré était quelquefois enfermé dans une enceinte de murailles: c'est ainsi qu'était disposée la basilique de Tyr bâtie vers l'an 313 et qui est une des premières dont les Pères aient parlé avec détails. En entrant on trouvait une cour carrée, l'*atrium*, au milieu de laquelle était la fontaine de purification. Cette cour était entourée de portiques et servait à l'enseignement des catéchumènes, elle précédait l'église qui s'ouvrait par trois portes; celle du milieu était plus haute et plus large que les autres. Ces portes étaient tournées vers l'Orient selon l'usage primitif. La plupart des églises de France, Notre-Dame de Paris, par exemple, ont leurs portes du côté de l'Occident, mais on remarquera que dans nos églises la partie antérieure de l'autel est en sens inverse de ce qu'elle était dans les basiliques, en sorte que chez nous le célébrant qui tourne le dos aux fidèles regarde du côté de l'Orient et que dans les basiliques où le pontife a la figure tournée du côté des assistants, il regarde également l'Orient. L'orientation des églises est d'ailleurs très variée et quelques écrivains prétendent que des hérétiques ayant voulu assimiler Jésus au Soleil, des églises furent orientées en sens différent, afin de ne pas paraître autoriser leurs superstitions.

On voit à Rome plusieurs basiliques: mais celle de Saint-Pierre, œuvre de la Renaissance, n'a aucun rapport par sa disposition architecturale avec les anciennes basiliques chrétiennes. A Saint-Pierre de Rome, le Pape est souverain pontife, mais c'est à la basilique de Saint-Jean de Latran qu'il vient, après son élection, prendre possession de son siège comme évêque de Rome. L'édifice primitif de Saint-Jean de Latran, construit par Constantin, a subsisté près de mille ans tout en subissant divers changements, mais après l'incendie du XIVe siècle, il fut rebâti entièrement et le style de son architecture nous reporte encore à la Renaissance.

Parmi les basiliques, l'église du Saint-Sépulcre a, dans l'histoire de l'art, une importance très grande parce que sa forme a souvent été imitée dans les édifices chrétiens; nous devons dire un mot de son histoire et de l'emplacement qu'elle occupe. D'après les livres saints, le Sauveur a été crucifié sur le Golgotha, dans le voisinage de la ville, mais aucun détail topographique ne permet de déterminer exactement l'endroit où cet évènement a eu lieu et aucune tradition, jusqu'au XVe siècle, n'indique l'existence d'un monument consacré à en rappeler le souvenir. Saint Jérôme raconte que l'empereur Adrien fit élever une statue de Vénus sur le Calvaire et une statue de Jupiter sur le saint sépulcre. Des opinions très diverses ont été émises au sujet de l'endroit exact où s'est accomplie la Passion, et il serait impossible de le constater positivement si la révélation n'était venue en aide à l'histoire.

Ce fut un miracle qui révéla en 326 à Hélène, mère de Constantin, l'existence des saints lieux et Constantin fit abattre les insignes païens pour élever un édifice religieux sur l'emplacement du tombeau de Jésus et du Golgotha. Ces constructions terminées en 335 ont été décrites par Eusèbe et comprenaient d'abord une cour environnée de portiques. La chambre sépulcrale était renfermée dans un rocher qu'on détacha du flanc de la colline, de manière à en faire une masse isolée; on l'entoura d'une chapelle circulaire et une seconde chapelle fut élevée sur l'emplacement de la Passion. Ces édifices furent détruits en 614 par le roi des Perses Chooroès, mais quinze ans après, un sanctuaire s'élevait de nouveau sur les quatre endroits les plus révérés. L'évêque Arnolphe, témoin oculaire, en a donné une description et les intitule: église de la Résurrection, église du Golgotha, église de l'Invention de la Croix, église de la Vierge. Ces monuments furent respectés par le Kalife Omar qui s'empara de Jérusalem en 637, mais ils furent détruits en 1010 par le Kalife Hakem et rebâtis par les Grecs en 1048, en suivant autant que possible l'ancien plan. Les constructions comprenaient alors une rotonde et trois chapelles. En 1130, les croisés entreprirent de les réunir en un seul monument auquel ils donnèrent un style mêlé du goût roman et du goût arabe. En 1808, un incendie détruisit une partie de la rotonde et différents sanctuaires, et l'édifice fut réparé par les Grecs d'une façon peu archéologique.

L'édifice actuel porte donc l'empreinte de différentes époques et de différents styles, mais à travers ces destructions successives il a toujours conservé quelque chose du plan primitif qui était regardé en quelque sorte comme sacré.

La forme de la basilique qui servit de type à l'édifice religieux en Occident n'a pas eu la même influence sur les églises de l'Orient. Les écrits d'Eusèbe et d'autres écrivains contemporains nous prouvent qu'à Jérusalem, à Antioche, à Constantinople, il y eut très anciennement des églises dont le plan affecte une forme carrée, ronde ou polygonale. Mais ce qui caractérise avant tout l'architecture religieuse des Byzantins c'est la coupole. « On voyait partout des arcs sur des arcs, dit M. Hope, des coupoles sur des coupoles; toutes les surfaces rectilignes, carrées, angulaires des temples d'Athènes se changèrent, dans les églises de Constantinople, en surfaces circulaires et curvilignes, concaves à l'intérieur, convexes à l'extérieur. Les Romains avaient commencé par priver l'architecture des anciens Grecs de tout ce qu'elle avait de conséquent, mais ce fut la Grèce chrétienne qui effaça les dernières traces encore respectées par les Romains et le même peuple qui avait créé l'architecture grecque lui porte aussi les derniers coups. »

Les nefs byzantines sont ordinairement surmontées de plusieurs coupoles: la principale est au centre de la croix et elle est plus vaste et plus élevée que les autres qui se trouvent placées sur les deux transepts, sur la partie antérieure de la nef principale et sur le sanctuaire. Ces coupoles décorées de peinture et de mosaïque, souvent à fond d'or, sont éclairées par un grand nombre de petites fenêtres qui forment à la base des voûtes comme un cordon lumineux. Elles reposent sur des paliers appelés pendentifs d'après un système particulier aux architectes byzantins que les an-

ciens n'ont pas connu. « Cherchant les effets surprenants, dit M. Viollet-le-Duc, les tours de force en architecture, ils voulurent poser la voûte hémisphérique romaine sur quatre points d'appui au moyen de pendentifs et tentèrent, comme dans la construction de Sainte-Sophie, de donner à ces coupoles ainsi suspendues sur quatre piles seulement des dimensions jusqu'alors inconnues. »

Les chrétiens d'Orient comme ceux de l'Occident arrachèrent dans les anciens temples païens une multitude de colonnes et de fragments d'architecture qu'ils placèrent dans les édifices de leur culte. Puis lorsqu'ils cessèrent d'en trouver et qu'il fallut créer, ils transformèrent à leur guise et selon leurs besoins l'architecture traditionnelle de l'antiquité. Parmi les églises byzantines, celle qui prime toutes les autres par son importance et qui donne le modèle le plus parfait du style chrétien est la grande église de Sainte-Sophie de Constantinople. — V. Byzantin (Art).

En France l'architecture chrétienne se classe en trois styles : 1° *style latin*, c'est celui qui s'étend depuis la période mérovingienne jusqu'au XI^e^ siècle. Il représente la décadence de plus en plus prononcée de l'architecture usitée chez les Gallo-Romains; 2° *style roman*, il embrasse le XI^e^ siècle et le XII^e^ siècle; on l'appelle style monacal ou à plein cintre par opposition avec le style laïque ou ogival qui a prévalu ensuite; 3° *style ogival*. — V. Latin, ogival, roman.

On admet comme certain que, dès l'époque gallo-romaine, les édifices étaient peints en dehors comme au dedans. « Cette peinture, dit M. Viollet-le-Duc, était appliquée soit sur la pierre même, soit sur un enduit couvrant des murs de maçonnerie, et elle ne consistait, pour les parties élevées au-dessus du sol, qu'en une sorte de badigeon blanc ou blanc jaunâtre sur lequel étaient tracés des dessins très déliés en noir ou en ocre rouge. Près du sol apparaissaient des tons soutenus bruns-rouges ou même noirs, relevés de quelques filets jaunes-verdâtres ou blancs. Les sculptures elles-mêmes étaient couvertes de ce badigeon d'une faible épaisseur; les ornements se détachant sur des fonds rouges et souvent rehaussés de traits noirs et de touches jaunes. Ce genre de décoration peinte paraît avoir été longtemps pratiqué dans les Gaules et jusqu'au moment où Charlemagne fit venir des artistes d'Italie et de l'Orient. » (Viollet-le-Duc : *Dictionnaire d'architecture*).

Au moyen âge la peinture joue un très grand rôle dans la décoration des églises. A l'extérieur les sculptures étaient peintes et dorées, mais à l'intérieur la peinture qui couvrait les colonnes et les murs mêlant ses teintes opaques aux teintes éclatantes des vitraux. « Au XII^e^ siècle, dit encore M. Viollet-le-Duc, on avait adopté une harmonie décorative simple et claire, composée de blanc, de tons jaune, brun-rouge, verdâtre, gris, noir. Lorsqu'on en vint à poser des verrières très vivement colorées et que la lumière, éclairant les intérieurs, fut décomposée par l'interposition de ces vitraux, on s'aperçut bientôt que ces tons clairs s'alourdissaient et prenaient un aspect louche, on multiplia les traits noirs pour rendre l'éclat à ces peintures; mais le noir lui-même, sous le rayonnement des verrières colorées, grisonnait. On mit des touches bleues, mais il était difficile de les harmoniser avec les ocres jaune, et, en petite surface, ces bleus faisaient tache. Alors on prit un parti franc; on dut coucher des voûtes entièrement en bleu, non pas en bleu pâle comme dans certaines décorations de l'époque romane, mais en bleu pur, vif éclatant. Il ne fallut qu'un essai de ce genre pour faire voir que cette hardiesse devait modifier tout le système harmonique de la peinture décorative. D'abord les voûtes bleues, éclairées par la lumière décomposée des vitraux, prirent un aspect tellement azuré qu'elles paraissaient presque violettes, d'un ton lourd, que rien ne pouvait soutenir. Sur ces voûtes bleues, on essaya comme correctif et pour rendre au bleu sa valeur réelle de poser des touches rouges, mais le chatoiement du rouge sur le bleu ne faisait qu'azurer davantage cette couleur. On essaya des étoiles blanches, mais les étoiles paraissaient grises, puis enfin on appliqua des étoiles d'or. Immédiatement le bleu prit sa valeur et au lieu de paraître écraser le vaisseau, il s'éleva et acquit de la transparence... Si l'on admettait les voûtes bleues, étoilées d'or, il fallait que les nervures des voûtes fussent assez brillamment colorées pour soutenir ces fonds puissants de ton et les renvoyer, pour ainsi dire, à un autre plan. L'or était d'un grand secours en ces occasions ainsi que le noir cernant des tons vifs comme le vermillon et le vert. La peinture des nerfs des voûtes ainsi montée, il fallait, pour la soutenir, des tons non moins vifs sur le faisceau composant les piles, d'autant que le rayonnement des couleurs des vitraux tendait à atténuer la coloration de ces piles souvent très minces. Ce n'était alors que par des gorges d'un ton très chaud et très sombre comme le brun-rouge glacé de laque, ou le pourpre très puissant, ou le noir-brun que l'on pouvait combattre le grisonnement que répandait le rayonnement des verrières sur les surfaces voisines. Il fallait même, pour donner à certaines couleurs comme le vermillon tout leur éclat, les semer de touches opposées. » (Viollet-le-Duc : *Dictionnaire d'architecture.*)

L'art du tableau tel que nous le comprenons aujourd'hui date de la Renaissance. Pendant tout le moyen âge la peinture était un art purement décoratif où l'ornementation était intimement mêlée et qui se rattachait à l'architecture. La peinture comme tous les arts a été avant l'émancipation des communes pratiquée exclusivement dans les cloîtres. Les trésors des couvents renfermaient une infinité d'étoffes, de meubles, d'ustensiles coloriés, de manuscrits venus de Byzance et tous ces objets servaient de modèles aux moines artistes.

L'influence byzantine se reconnaît au caractère des têtes, à l'emploi du bleu pur, du cinabre et des hachures dorées sur les étoffes dont les plis sont parallèles et uniformes. Les artistes, se copiant les uns les autres sans avoir jamais recours à la nature, il en résulta bientôt un style poly-

chrome dont les caractères sont en disproportion choquante entre diverses parties du corps, les têtes grosses, les profils secs, l'expression poussée jusqu'à la grimace, l'exécution de la dernière rudesse. La peinture jusqu'au XII^e^ siècle vit presque exclusivement sur les traditions de l'école byzantine dont elle observe les procédés comme le style hiératique (fig. 216). Les peintures de l'église de Saint-Savin, près de Poitiers, qui datent de la fin du XI^e^ siècle, sont très précieuses parce qu'elles nous donnent l'idée du système décoratif de cette époque dont les ouvrages peints sont extrêmement rares. « Les couleurs ont été appliquées par larges teintes plates sans marquer les ombres, au

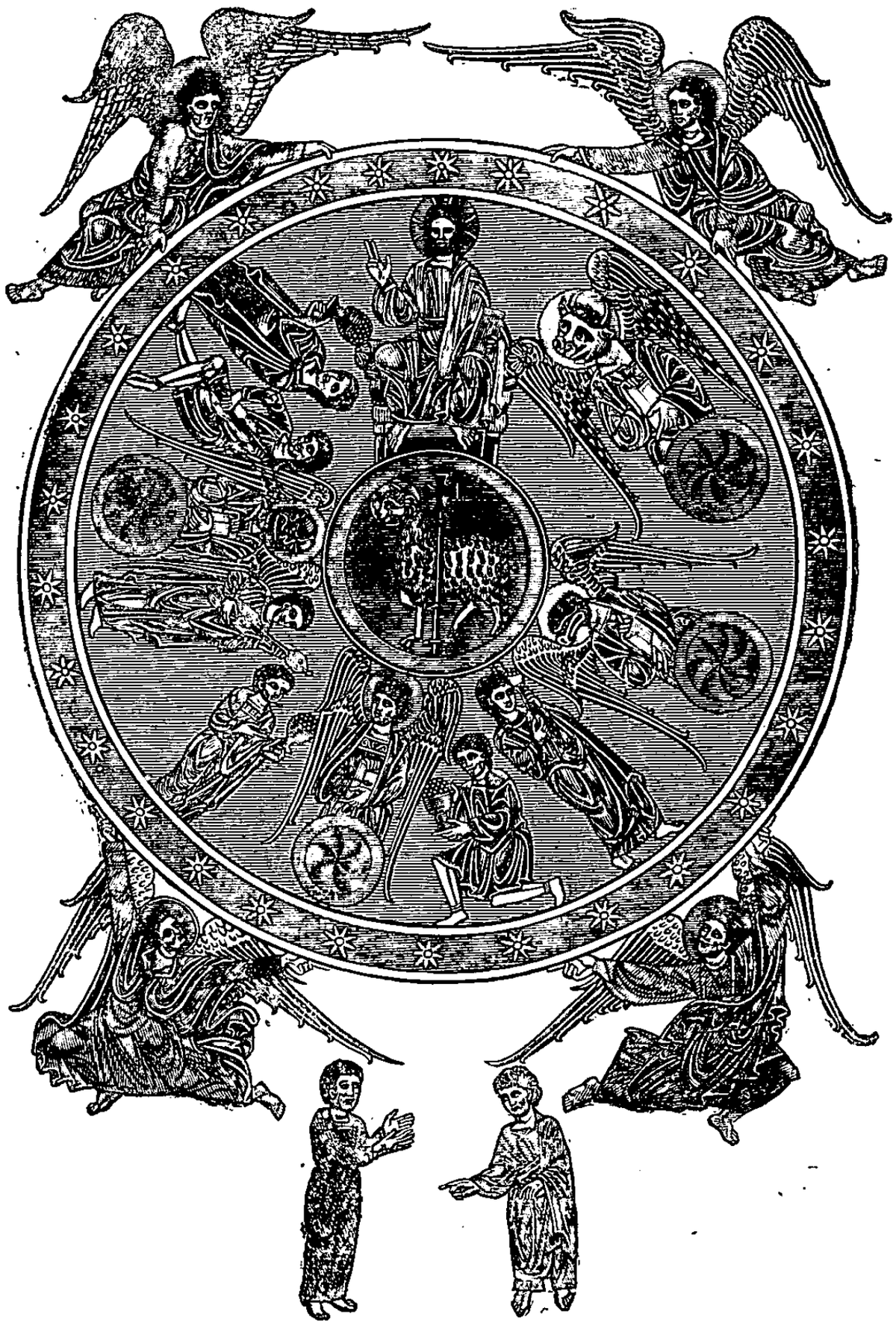


Fig. 216. — *Le Triomphe de l'Agneau, d'après une miniature du* Commentaire sur l'Apocalypse, *par Beatus, manuscrit du XII^e^ siècle.*

point qu'il est impossible de déterminer de quel côté vient la lumière. Cependant, en général, les saillies sont indiquées en clair et les contours accusés par des teintes foncées ; mais il semble que l'artiste n'ait en vue que d'obtenir ainsi une espèce de modelé de convention à peu près tel que celui qu'on voit dans notre peinture d'arabesques. Dans les draperies, tous les plis sont marqués par des traits sombres, quelle que soit la couleur de l'étoffe. Les saillies sont accusées par d'autres traits blancs assez mal fondus avec la teinte générale. Il n'y a nulle part d'ombres projetées et quant à la perspective aérienne ou même à la perspective linéaire, il est évident que les artistes de Saint-Savin ne s'en sont nullement préoccupés. » (Mérimée). La composition de ces peintures, les plus anciennes qu'on connaisse de l'art décoratif du moyen âge, offrent des sujets empruntés à l'histoire sacrée : *l'Offrande de Caïn et d'Abel, l'Ivresse de Noé, la Tour de Babel, la Mort d'Abraham, la fuite en Egypte*. Un grand nombre d'églises romanes ont été décorées de sujets analogues.

L'architecture ogivale ne pouvait être bien favorable au développement de la peinture murale

parce qu'elle n'offrait pas de grandes surfaces à décorer, les murailles étant toujours percées de grandes fenêtres garnies de vitraux. Il n'en était pas de même en Italie, où le style ogival n'a jamais été prédominant; c'est ce qui explique pourquoi la peinture à fresque a pris dans ce pays une importance qu'elle ne pouvait avoir en France. Les vitraux remplissaient nos églises et les tapisseries remplissaient nos châteaux. La peinture à sujets tient dans nos édifices une place assez minime. Néanmoins, elle n'a jamais cessé de contribuer à leur décoration. Les figures des saints ont conservé longtemps les plis parallèles de l'école byzantine. Les sujets sont toujours tirés de l'Ancien et du Nouveau-Testament. La plus grande partie des peintures qui décoraient nos églises du moyen âge ont été recouvertes d'un badigeon blanc aux XVII^e^ et XVIII^e^ siècles.

La sculpture, qui, dans le style latin, avait tenu si peu de place dans la décoration des monuments, prend une certaine importance dès qu'on arrive à la période romane. Les chapiteaux se couvrent alors de figures bizarres et le Christ, entouré des symboles des évangélistes, apparaît sur les tympans. Les figures sont tantôt lourdes et trapues, tantôt très allongées et démesurément maigres, mais toujours raides et incorrectes. Elles empruntent à l'art byzantin un système de draperies plissées à très petits plis. Il paraît que les étoffes en usage dans l'Orient offrent souvent cet aspect. « Cela tient, je crois, dit M. Mérimée, aux procédés de blanchissage. Au lieu de les repasser et de les aplatir, comme nous faisons, les Orientaux les tordent sur elles-mêmes; de là les plis en spirale si souvent reproduits dans la sculpture byzantine.» Les statues des saints et des saintes qui ornaient les parois des portes étaient souvent grandes comme nature. Généralement les personnages étaient taillés dans la pierre, mais quelquefois les bras et la tête étaient rapportés et fixés au moyen de crampons de fer. Les sujets des sculptures sont presque toujours tirés de l'Ancien et du Nouveau-Testament. On en voit aussi mais beaucoup plus rarement qui se rattachent à quelque histoire pieuse ou à la fondation de l'église qu'elles décorent. Ainsi les bas-reliefs qu'on voit à Notre-Dame de Semur montrent un curieux spécimen de sculpture historique dans la période romane.

Un grand nombre d'artistes qui eurent de la célébrité dans la première partie du moyen âge étaient des évêques ou des saints. On aurait craint de laisser peindre ou sculpter les images offertes à la vénération des fidèles par des mains indignes d'un si pieux ministère. Le changement apporté dans la sculpture par les laïques est considérable, soit qu'on le considère sous le rapport de la conception ou sous celui de l'exécution. On voit apparaître une sorte de décoration encyclopédique, inconnue aux moines artistes; l'ordre qui y préside fut vraisemblablement établi par les évêques et tout autre que celui qu'on suivait dans les églises couventuelles. L'instruction qui, pendant la première partie du moyen âge, était réservée aux abbayes, allait passer aux mains des laïques dont les évêques se faisaient les instituteurs. Si dans les églises, comme celles de Chartres, Reims, Paris et Amiens, nous voyons deux, trois et quatre mille statues, si Chartres, Bourges ou le Mans nous montrent quatre à cinq mille figures peintes sur les vitraux, ce n'est pas seulement à titre d'ornement pour ces édifices. Si les églises des petites villes avaient parfois des centaines de figures peintes et sculptées, c'est que la population qui ne savait pas lire était pourtant avide d'instruction et que le clergé seul était en état de la lui donner. Aussitôt que l'imprimerie fut inventée et que les livres purent se répandre, l'architecture se transforma et les tableaux et les statues ne parurent sur les édifices que pour les décorer; mais du XII^e^ au XVI^e^ siècle, l'art a un but pratique et en étudiant un monument de cette époque, on retrouve pièce par pièce les idées, les croyances et la science de nos pères.

Il est aisé de comprendre que les statues qui décorent une cathédrale ayant pour but un enseignement ne sont pas placées arbitrairement sur l'édifice, et on n'aurait qu'une idée très imparfaite de notre architecture du moyen âge, si on ne cherchait pas le mobile qui a guidé les architectes en prodiguant ainsi les figures sur leurs églises. M. Didron remarque que l'Encyclopédie de Vincent de Beauvais indique l'ordre qui a été le plus généralement adopté, et il prend pour type la cathédrale de Chartres comme étant la plus complète et la plus méthodique. Le système adopté n'est pas le même pour tous les édifices, mais en étudiant celui qui a été suivi dans cette magnifique église, on se rend très bien compte de la préoccupation qui guidait alors les architectes et du but qu'ils se proposaient.

La sculpture d'ornements s'affranchit des traditions byzantines dès qu'apparut la période ogivale. Les feuillages reproduisant les caractères saillants des végétaux sont substitués aux larges enroulements de l'époque précédente, aux étoiles, aux perles, aux ornements à facettes, usités dans les édifices romans. Les plantes qui couvrent notre sol sont imitées et interprétées avec un rare bonheur; on les trouve dans les chapiteaux, dans les frises, dans les corniches d'entablement, sur les rampants des pignons, sur les arêtes des pyramides. Ces feuilles se recourbent en crochets ou en crosses, courent le long des rinceaux, se mêlent aux rosaces et aux trèfles. Au XV^e^ siècle, on trouve des guirlandes de feuilles et de fleurs entrelacées avec des rubans, mêlées avec des animaux réels ou fantastiques. A cette époque les crochets prennent le nom de *choux* et représentent presque toujours des choux frisés ou des chardons, le sommet des ogives se recouvre d'un bouquet de feuillage qui s'épanouit, les panneaux et les arcatures simulées se remplissent de nombreuses nervures flamboyantes. On voit aussi dans les balustrades, dans les nerfs des croisées, dans les tympans des ogives, dans les roses, des rinceaux de feuillages frisés, des trèfles des quatre feuilles frisés, des figures géométriques décrivant des courbes alternativement concaves et convexes, se réunissant en pointe, formant des étoiles, des

fleurs de lys. Ce sont des courbes ondulées, auxquelles on a trouvé de l'analogie avec des flammes agitées par le vent qui ont fait donner le nom de *style flamboyant* à la dernière période de l'architecture ogivale. Parmi les édifices du style de transition nous citerons Notre-Dame de Noyon (Oise), l'église de Saint-Maurice d'Angers (Maine-et-Loire), les églises de Notre-Dame de la Couture et de Notre-Dame du Prés, au Mans (Sarthe), l'église de Saint-Germer (Oise), etc., etc.

Il existe fort peu d'édifices religieux qui aient été construits d'un coup et sans interruption. La construction de la plupart de nos églises se rapporte à plusieurs époques et représente, par conséquent, plusieurs styles. — E. CH.

***CHRISMATINE.** *T. de minér.* Substance minérale formée de carbone et d'hydrogène qui appartient aux minéraux combustibles appelés *suifs de montagne.*

CHRIST. Le type du Christ est un de ceux que l'art a eu le plus de peine à réaliser et il n'y est même jamais parvenu d'une manière complètement satisfaisante. Le Christ a beaucoup plus d'importance que la première personne de la Trinité dans les représentations figurées. Comme, en venant sur la terre, le Fils de Dieu avait pris une forme visible, il était naturel que l'art s'attachât de préférence à reproduire ses traits. Pourtant c'est sous la forme symbolique qu'il apparait dans les plus anciens monuments et principalement dans les catacombes qui doivent être considérées comme le berceau de l'*art chrétien* (V. ces mots). Parmi les monuments qui décorent les catacombes, les uns remontent au temps des persécutions, les autres ont été exécutés par ordre des papes à l'époque où l'on commença à prier devant les tombeaux des martyrs. La plus grande partie de ces peintures sont des emblèmes relatifs à la foi nouvelle. Ainsi le *poisson*, considéré comme le symbole de Jésus-Christ, figure sur une foule de monuments chrétiens de l'âge primitif. On le voit dans les inscriptions sur les sarcophages, sur les pierres gravées, dans la décoration des fonts baptismaux. En prenant chaque lettre du mot *poisson*, en grec *Ichtius*, on en fait l'initiale des mots : Jésus-Christ, fils de Dieu Sauveur. « Ichtius, dit saint Augustin, est le nom mystique du Christ, puisqu'il est descendu vivant dans l'abîme de cette vie comme dans la profondeur des eaux ». L'ancre était le symbole de l'espérance, la colombe une image de l'âme, la branche d'olivier un message de paix. « En groupant ces signes, on arrivait à une véritable écriture mystérieuse connue seulement des initiés. Ainsi l'ancre jointe au poisson signifiait l'espérance dans le Fils de Dieu, sauveur des hommes; le poisson portant le pain cachait le grand secret du Christ se donnant lui-même dans l'Eucharistie; la colombe qui s'envole avec un rameau d'olivier désignait l'âme du chrétien mort en paix qui s'envole au ciel. Le sens de ce genre de composition, assez transparent en lui-même, est déterminé de la manière la plus rigoureuse par l'ensemble des monuments, par les inscriptions et par les écrits des pères des premiers siècles. » (De Rossi, *Rome chrétienne souterraine.*)

Les emblèmes sont souvent groupés avec des scènes allégoriques. Les sujets tirés de l'Ancien-Testament ne sont eux-mêmes que des symboles des actes de la vie du Christ.

« La multiplication des pains et des poissons est un des sujets favoris des anciens peintres et sculpteurs. Mais au lieu de représenter le prodige avec la simplicité du récit évangélique, ils ont souvent mêlé à cette scène des souvenirs d'autres repas et même des accessoires qui n'ont de rapport avec aucune histoire. Les sept disciples auxquels le Sauveur, après sa résurrection, a donné à manger le pain et le poisson sont groupés avec les corbeilles des pains multipliés. Ces mêmes corbeilles entourent un trépied isolé que domine un grand poisson posé sur des pains. Une fois encore le Sauveur multiplie les pains et les poissons devant un autel. Il est donc impossible de méconnaître que le groupe hiéroglyphique du pain et du poisson désigne l'Eucharistie; c'est ce qui fait qu'en représentant les faits évangéliques où figurent les pains ou les poissons on les a mêlés ensemble; on y a ajouté des accessoires qui répugnent à l'histoire, mais qui s'accordent à merveille avec le sens symbolique. Les fresques récemment découvertes dans une catacombe à Alexandrie, en Egypte, mettent le dernier sceau à cette interprétation, par le témoignage positif des lettres grecques inscrites sur une peinture représentant la multiplication miraculeuse. Ces lettres disent que les pains multipliés sont les *Eulogies du Christ*; c'est le nom que l'église d'Alexandrie donnait à l'Eucharistie. » (De Rossi.)

Il importe de signaler également, dans l'art des catacombes, la fréquence des sujets mythologiques détournés de leur signification première.

Orphée attirant les animaux sauvages par les accents de sa lire veut dire : Jésus-Christ attirant les hommes par sa parole de charité (V. l'art. préc. fig. 215). *Le bon pasteur* portant la brebis égarée sur ses épaules est une personnification de Jésus, d'après une de ses paraboles; mais la forme que l'art lui a donnée est empruntée à une figure antique. Ordinairement le pasteur tient dans une de ses mains un instrument de musique, la flûte de Pan, par exemple. Cette figure du berger rappelle la figure antique du faune à la chèvre et se rapporte au type anciennement fixé par Calamis, dont la statue se voyait au temps de Pausanias, qui dit que le jour de la fête de Mercure, Kriaphore, le plus beau des jeunes gens, parcourait la ville une brebis sur les épaules. Le bon pasteur apparaît entouré de saints et de fidèles, qui figurent habituellement sous la forme que les archéologues désignent sous le nom d'*Orante*. C'est l'image d'une personne debout qui étend les bras et lève les mains pour la prière. Parmi ces figures, il y en a une qui est l'Orante par excellence et qui accompagne le bon pasteur sur les plus anciens monuments : on la considère comme une image de la Vierge.

Souvent le berger est entouré de son troupeau, et le nombre de ses brebis a toujours une signification : s'il y en a douze, ce sont les douze apôtres. Jésus-Christ lui-même est représenté sous la forme d'un agneau symbolique. Mais bientôt la figure de l'agneau fut appliquée non seulement à Jésus-Christ, mais encore aux personnages de l'Ancien et du Nouveau-Testament : l'agneau divin se distingue des apôtres, parce qu'il porte une croix sur la tête, car l'usage du nimbe est postérieur. Les sarcophages du IVe siècle nous montrent les personnages de la Bible transformés en agneaux et formant une décoration qu'on croirait empruntée aux fables de La Fontaine. Une suite de sculptures latines du IVe siècle, gravées dans l'*Histoire de Dieu*, de Didron, montre un curieux exemple de cet usage. Un agneau tenant dans sa patte une baguette frappe un rocher d'où sort un torrent. C'est Moïse frappant l'eau du rocher. Un agneau tend sa patte et lève la tête en regardant une main qui sort des nuages, tenant une tablette : c'est Moïse recevant les tables de la loi. Un petit agneau est plongé dans l'eau, et un agneau beaucoup plus gros lui verse de l'eau sur la tête où tombent en même temps des rayons qui partent d'une colombe placée dans le ciel : c'est le baptême de Jésus par saint Jean-Baptiste. On voit un agneau qui multiplie les pains, un agneau ressuscitant Lazare, qui cette fois est un homme enveloppé de ses bandelettes.

La représentation de l'agneau prit une telle faveur

qu'elle fut sur le point de se substituer à la figure humaine. L'église s'en inquiéta, craignant que le Christ ne parût aux populations un emblème symbolique et non une réalité historique, et le concile Quinisexte, tenu en 692, ordonna de le représenter désormais sous sa figure réelle et non sous celle de l'agneau : « ... Nous avons adopté cette représentation, dit le texte du concile, comme une image de la grâce; pour nous, c'était l'ombre de cette agneau, le Christ, notre Dieu que la loi nous montrait. Donc, accueillant d'abord ces figures et ces ombres comme des signes et des emblèmes, nous leur préférons aujourd'hui la grâce et la vérité, c'est-à-dire la plénitude de la loi. En conséquence, pour exposer à tous les regards ce qui est parfait même dans les peintures, nous décidons qu'à l'avenir il faudra représenter dans les images, le Christ notre Dieu sous la forme humaine à la place du vieil agneau. » Malgré le désir qu'avaient les évêques de substituer l'histoire au symbole, l'agneau a persisté jusqu'à nos jours à représenter le Christ. Au surplus, un concile d'évêques grecs peut n'avoir pas eu une grande influence sur l'église latine; mais ce qui est remarquable c'est que l'agneau ait continué à figurer dans les représentations byzantines (V. l'art. précédent, fig. 216).

L'agneau apocalyptique se reconnait à ce qu'il a sept yeux et sept cornes. Les sept yeux expriment les sept dons du Saint-Esprit et sont ordinairement placés sur le cou. Les sept cornes qui se placent tantôt sur la tête, tantôt sur le cou, comme une crinière, sont l'emblème de la puissance qui fortifie l'agneau divin.

Au moyen âge, le Christ en agneau porte habituellement le nimbe croisé et près de lui est souvent une croix avec l'étendard. Une statue de la cathédrale de Chartres nous montre saint Jean-Baptiste tenant dans ses bras l'agnéau symbolique dans son auréole. Les représentations de ce genre sont très fréquentes, mais aux approches de la Renaissance elles perdent leur tournure hiératique et tombent dans un naturalisme quelquefois

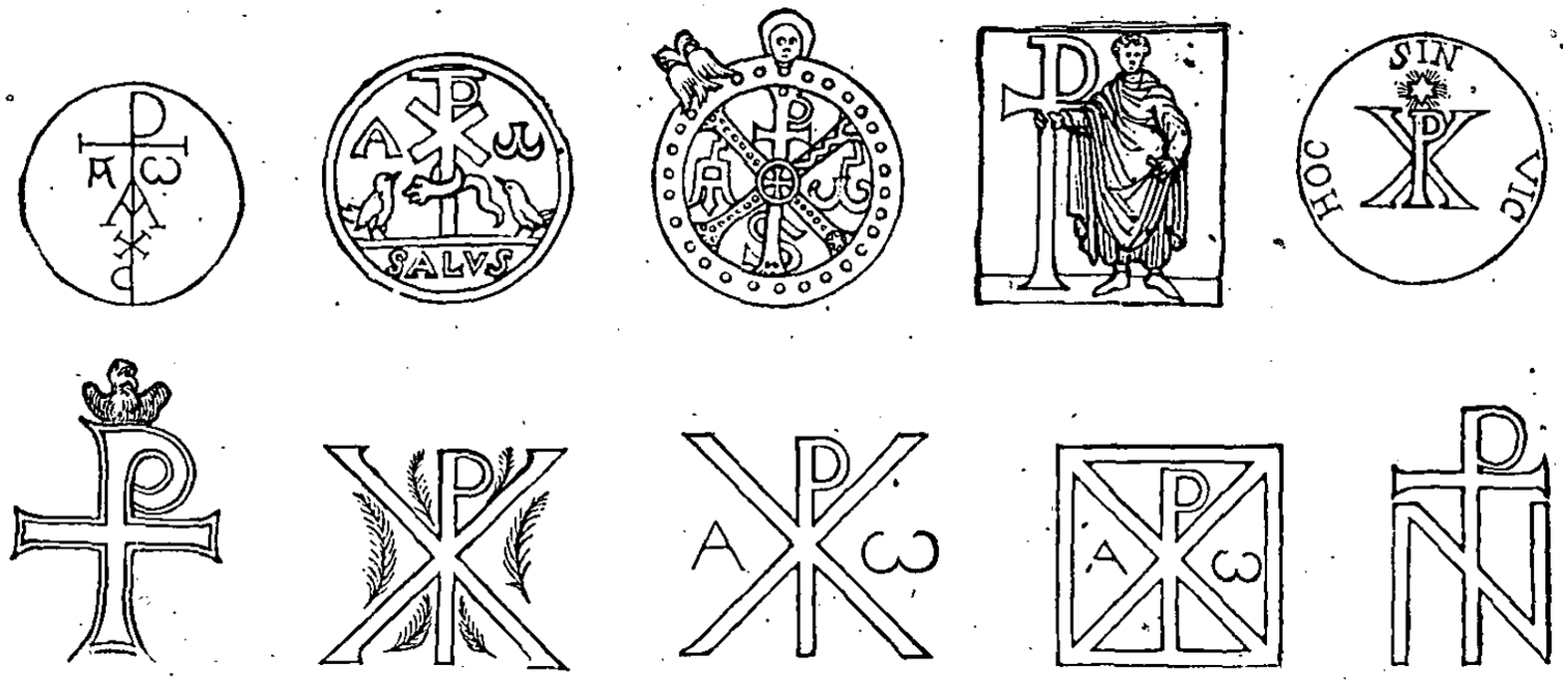


Fig. 217 à 226. — *Monogrammes du Christ, dont l'origine remonte (excepté pour les deux premiers) aux premiers siècles de l'Eglise.*

Ils se composent généralement d'un X et d'un P entrelacés, premières lettres de ΧΡΙΣΤΟΣ (Christ, en grec) ; un seul porte un N (Nazarenus) ; plusieurs ont l'α et l'ω, par allusion à cette parole de la Bible : « Je suis le commencement et la fin. » Deux d'entre eux, tirés des Catacombes, rappellent le *labarum* de Constantin, surtout celui portant l'inscription : *In hoc signo vinces* ; l'attribution est d'ailleurs incertaine. Enfin les autres figurent sur les églises de Saint-Martin de Lescas (Gironde) et de Saint-Exupère-d'Arreau (Hautes-Pyrénées), monuments du XIe et du XIIe siècle.

trivial. Les artistes de plus en plus préoccupés de la vérité oublient la signification symbolique de leur œuvre au point de représenter souvent l'agneau sans nimbe. On le voit alors brouter l'herbe du désert à côté du précurseur ou bien se dresser sur ses pattes de derrière pour le caresser. Dans une peinture de Notre-Dame de Brou, saint Jean est assis et donne à boire au petit agneau.

Les grands maîtres de la Renaissance ont considéré l'agneau comme un emblème qu'ils aimaient à placer près de l'Enfant Jésus dans leurs *Saintes Familles*, mais ne l'ont jamais conçu comme un symbole qui pût figurer directement le Christ. Cette figure symbolique néanmoins a toujours été admise dans le christianisme et se retrouve encore dans nos églises.

Nous devons dire aussi quelques mots du monogramme du Christ, qui semble avoir pris naissance en Orient. Constantin le fit inscrire sur son labarum. On remarquera par les figures 217 à 226 qu'il est formé par la liaison des lettres X et P les premières du nom grec du Christ. Vers le Ve siècle le P disparut du monogramme, et quelques auteurs pensent que c'est à la même époque que l'on vit paraître les trois lettres I H S.

Nous avons étudié le Christ sous la forme symbolique que l'art primitif lui a donnée. Nous allons voir maintenant comment on le représente quand il règne glorieux dans le ciel ou qu'il préside au jugement dernier. Le triomphe du Christ est un des sujets qui plaisaient le plus aux artistes et naturellement ils le représentaient avec les idées et la mise en scène de leur temps. Dans les peintures byzantines, on le voit sur son trône escorté des saints et adoré par les anges; souvent il porte les habits d'un archevêque et ce costume se retrouve encore dans les peintures italiennes du XIVe siècle. La crypte de la cathédrale d'Auxerre possède une très curieuse peinture qu'on fait remonter au XIe siècle, où le Christ triomphateur est représenté à cheval conformément à la vision de saint Jean. Cette image est figurée sur une grande croix ornée; entre les bras de la croix sont quatre anges également à cheval.

Dans les sculptures de nos églises on voit souvent le Christ glorieux entouré des quatre signes des évangélistes, des apôtres ou des vingt-quatre vieillards. D'autres fois, il est demi-nu, il montre ses plaies et les anges se tiennent autour de lui en portant les instruments de sa passion. Quelquefois, il est représenté vainqueur des bêtes sataniques. A Reims, il foule aux pieds le dragon; à Chartres c'est un lion et un dragon réunis. Une peinture sur verre, à Notre-Dame de Brou, nous montre le Christ triomphant sur un char traîné par les figures symboliques des évangélistes : l'ange de saint Matthieu, l'aigle de saint Jean, le lion de saint Marc et le bœuf de saint Luc. Les anges célèbrent sa gloire par un concert céleste; les prophètes et les sybilles ouvrent la marche du cortège composé de martyrs et des saints confesseurs

parmi lesquels on voit, comme toujours, un gigantesque saint Christophe portant l'Enfant-Jésus sur ses épaules.

Dans les représentations du *Jugement dernier*, si communes au moyen âge, l'artiste est préoccupé de l'idée de puissance et le Christ sous cet aspect présente une expression que l'âge primitif ne lui avait jamais donnée. Quand on le peignait sous la forme du *bon pasteur* sa physionomie était pleine de douceur. Cette manière de le concevoir était parfaitement conforme avec l'idée que devaient s'en faire les premiers chrétiens. Si dans l'âge héroïque du christianisme nous ne trouvons pas une tentative de révolte, pas une plainte des martyrs contre leurs bourreaux, nous voyons aussi que l'art ne représente jamais aucune scène de la passion du Christ ni

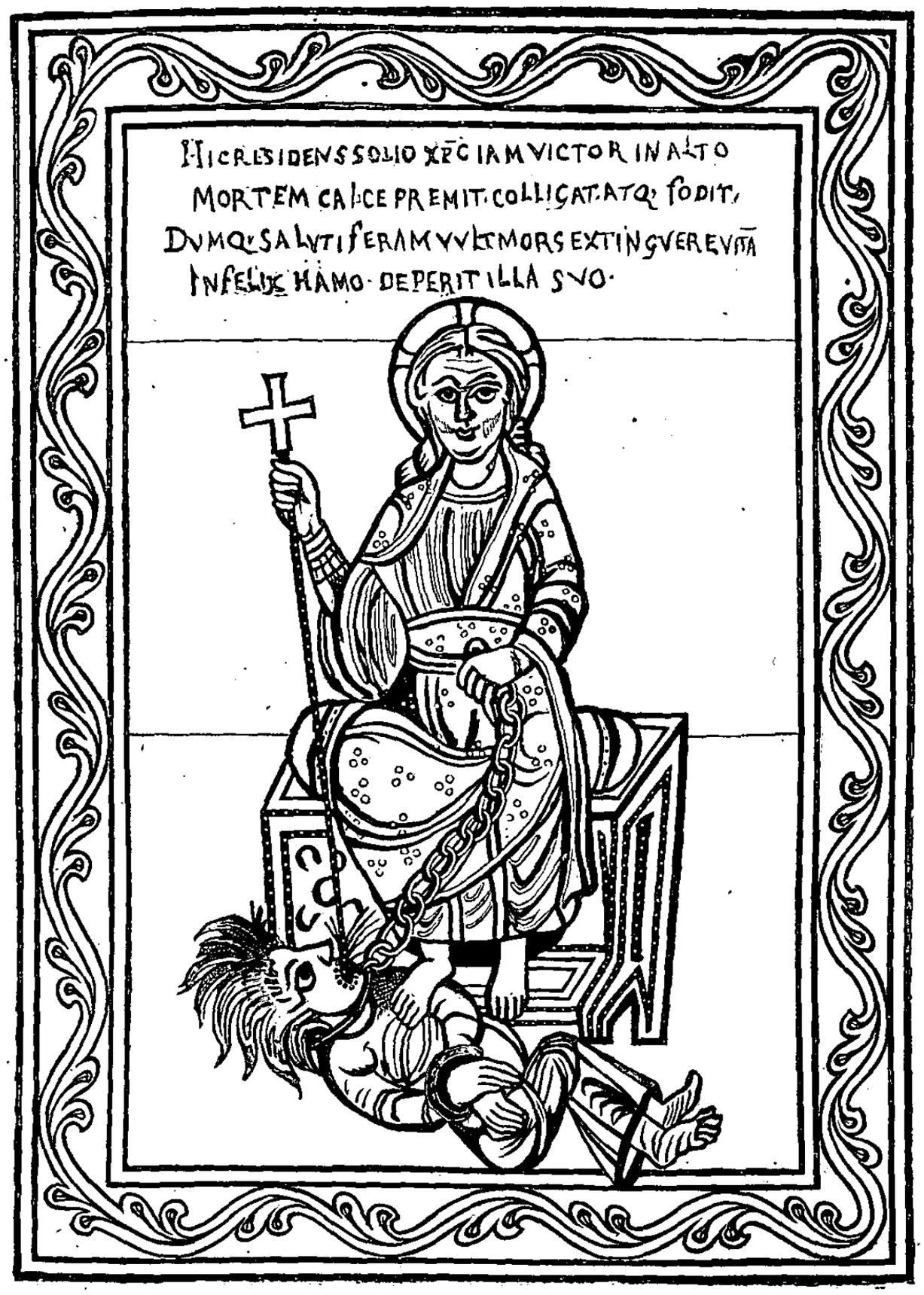


Fig. 227. — *Le Christ vainqueur de la mort, avec cette inscription*

TEXTE.	TRADUCTION.
Hic residens solio Christus jam victor in alto	Ici le Christ vainqueur, assis sur un trône sublime,
Mortem calce premit, colligat atque fodit.	Foule au pied la Mort, qu'il enchaîne et transperce.
Dumque salutiferam vult mors extinguere vitam	Et tandis que la Mort s'efforce d'éteindre la source de vie,
Infelix hamo deperit illa suo.	La malheureuse succombe, percée du trait qu'elle a lancé.

Fac simile d'une miniature du *Livre de chœur* de la cathédrale de Worms, manuscrit du VIII^e^ ou IX^e^ siècle (Bibl. de l'Arsenal, à Paris)

aucun trait ayant rapport aux persécutions et fait partout dominer l'idée de clémence et de miséricorde.

Mais aussitôt que le christianisme fut devenu le culte officiel, les bourreaux de la veille s'enrolèrent volontiers sous la bannière du Christ, parce que non seulement on ne courait plus aucun danger, mais on avait tout intérêt à se ranger de ce côté. Le champ fut ouvert à toutes les ambitions ; la pauvreté et la pureté primitives continuèrent à être honorées de nom, mais le titre d'évêque qui, autrefois impliquait une vie de privations avec le martyre pour issue, attira sur celui qui le portait la richesse et la considération et devint l'objet de toutes les convoitises.

On avait rêvé une société fraternelle, où tous les hommes renonçant aux vices en souvenir de Celui qui est la pureté, oubliant leurs querelles en mémoire de Celui qui est l'amour, dédaignant les grandeurs en souvenir de Celui qui a voulu naître dans une étable, allaient réaliser sur la terre le règne du Christ et la morale évangélique. Au lieu de cela, l'empire de Byzance donna l'exemple d'une corruption qui n'avait rien à envier au

règne des Césars, des luttes incessantes qui avaient presque toujours l'intérêt pour mobile principal et appliqua à toutes les fonctions et à toutes les positions une hiérarchie et une étiquette que l'antiquité n'avaient jamais connues. Au lieu de l'unité de croyance on eut des hérésies sans nombre et on s'égorgea pour des subtilités théologiques.

Dès lors les saints et les purs qui avaient su vivre parmi les païens, parce qu'ils nourrissaient l'espoir de les rendre meilleurs en leur enseignant la foi, n'eurent plus d'autre ressource que de se retirer au désert et de protester contre la société. L'ascétisme commença, dur pour lui-même, mais dur aussi pour les autres, condamnant ce monde dont on croyait d'ailleurs la fin très prochaine et protestant par le renoncement à toutes choses contre les vices qu'il condamnait. L'ascétisme caractérise la seconde époque du christianisme comme le martyre caractérise la première, et il en représente le plus pur et le plus convaincu. Les saints se retirent au désert pour fuir la société qui est mauvaise et ceux qui restent dans le monde sont tous engagés dans des luttes terribles pour la foi compromise de toute part par les hérésies.

L'art ne pouvait manquer de traduire ces sentiments. Toute la vie des martyrs peut se résumer en deux mots : résignation, espérance, et le bon Dieu de l'âge primitif montre un Christ qui convient à de pareils hommes. Mais dans la seconde époque du christianisme, on n'entend plus que des anathèmes : le Christ, sous le pinceau des moines artistes, devient dur et terrible. Il est immense, beaucoup plus grand que toutes les autres figures au milieu desquelles il apparaît et qui se prosternent tremblantes à ses pieds. La tournure n'exprime plus l'humilité, mais la puissance; son geste condamne plutôt qu'il ne bénit. Les siècles de fer qui composent le moyen âge ne pouvaient concevoir Dieu autrement et la brutalité des mœurs que les barbares ajoutèrent aux vices de l'ancienne société, aurait empêché de comprendre un type qui n'aurait pas exprimé la force et la violence.

Bientôt dans l'Orient comme dans l'Occident, le Christ fut représenté de la même manière; le but de l'artiste est partout le même, le Dieu qu'il représente inspire la crainte et ne cherche rien au delà : s'il avait été doux et bienveillant le moyen âge ne l'aurait pas compris. « Dans les jugements derniers, sculptés aux voussures et peints aux rosaces de nos cathédrales, le Christ semble insensible aux prières de sa mère qui est placée à sa droite, de saint Jean, l'évangéliste, son ami, ou de saint Jean-Baptiste, son précurseur, qui sont placés à sa gauche. Il écrase les méchants en leur montrant les trous de ses mains, de ses pieds et de son côté. Il les noie dans le sang qui coule de ses plaies. Les Grecs plus hébraïsants que les Latins ont un Christ plus terrible encore. Les fresques byzantines représentent ordinairement le jugement dernier. Là on voit le Christ assis sur un trône; il est entouré d'anges qui tremblent de frayeur en entendant les redoublables malédictions qu'il lance sur les pécheurs. Non seulement ce Dieu est juge comme chez nous, mais il exécute lui-même son jugement. A peine a-t-il porté la sentence de réprobation qu'à sa voix un fleuve de feu sort de son trône, de dessous ses pieds et dévore les coupables. » (Didron, *Histoire de Dieu.*)

Au surplus, ce caractère bien conforme aux mœurs du temps était, en outre, prescrit aux moines peintres dans l'enseignement traditionnel de leur profession. Voici ce que dit le manuscrit de Pansélinos sur la manière de peindre le Christ au jugement dernier : « Le Christ est assis sur un trône élevé et de feu, il est vêtu de blanc et lance la foudre au-dessus du soleil. Tous les chœurs des anges sont saisis de frayeur et tremblent devant lui. De la main droite il bénit les saints; de la gauche il indique aux pécheurs le lieu des gémissements..... Un fleuve de feu sort des pieds du Christ; les démons y précipitent les méchants..... Les prophètes sont à droite et à gauche du jugement avec des rouleaux..... Malachias dit : « Voici, « le jour vient, ardent comme une fournaise pour consu- « mer les ennemis et ceux qui commettent l'iniquité. Le « Seigneur tout-puissant les châtiera au jour du juge- « ment et donnera leur chair au feu et aux vers. »

C'est sous cette forme terrible que le moyen âge dogmatique a le plus souvent représenté le Christ, tout en conservant le visage ovale, la barbe et les longs cheveux que lui donnait la tradition.

L'expression la plus haute qui ait été atteinte est probablement celle de la *Transfiguration*, et encore ici peut-on dire que c'est là le Christ dans sa manifestation divine et non ce fils de l'homme qui a marché et parlé au milieu de nous et partagé la condition de la vie humaine, celui qui a relevé la femme adultère, appelé à lui les petits enfants, condamné le mauvais riche, séché le figuier stérile, et dont les paroles, d'une tendresse et d'une douceur souveraines, éveillaient dans le cœur des hommes des sentiments inconnus. L'art byzantin et l'art gothique ne prirent guère que le côté sombre ou souffrant de cette sublime physionomie et en tirèrent un type qui eut quelquefois une sorte de grandeur barbare mais sans vie et sans beauté. C'est ce type qui, dégrossi par Giotto et remanié par ses successeurs, prédomina toujours en Italie. Raphaël, qui seul semblait devoir compléter cet idéal et le fixer, hésita évidemment et n'y parvint qu'à demi. Léonard de Vinci s'en approcha peut-être plus près encore, mais une seule fois, et sa pensée ne fut probablement pas comprise car elle ne fut pas suivie. Michel-Ange sortant comme il le fit de la tradition s'éloigna d'autant plus du but qu'il mit plus de force et d'individualité dans ses propres inventions: Le formidable Christ du *Jugement dernier* n'est, en définitive, qu'un sublime caprice et sa statue du *Christ triomphant* (à l'église de Minerve, à Rome) n'est qu'une figure d'homme nu d'un savant et admirable travail, mais qui n'a d'autre titre à représenter le Christ que la grande croix qu'elle tient. Comment concevoir d'ailleurs un Christ nu? L'exemple de Michel-Ange était sans précédents; il resta sans imitateurs.

Michel-Ange, qui avait le caractère et les passions des hommes du moyen âge, s'est avisé au milieu d'une civilisation délicate, raffinée, de concevoir le Christ sous la forme d'un juge impitoyable. Mais ce fut la dernière fois que le Sauveur a pris cette expression dans l'art. Mme de Staël disait que Michel-Ange n'avait jamais soupçonné que Dieu fût bon : on serait assurément tenté de le croire, en voyant le Christ du *Jugement dernier,* que cet artiste a peint à la chapelle Sixtine et dont les traits d'ailleurs ne sont en rien conformes à ceux de la tradition. Michel-Ange a fait cette peinture en maudissant les ennemis de son pays et sous l'impression des maux sans nombre qui affligeaient l'Italie : mais l'expression de dureté qu'il a donnée à son Christ a été traditionnelle pendant plusieurs siècles.

Il n'existe pas de portraits authentiques du Christ, à moins qu'on ne considère comme tels les portraits *archéiropoiètes*, ou non faits par la main des hommes, que l'on conserve dans les églises à titre de reliques. Ces portraits sont extrêmement vénérés des fidèles, mais la critique d'art leur assigne généralement une date très postérieure à celle qui est admise par la croyance populaire. Le plus célèbre est la sainte Face ou la Véronique qui a été gravée plusieurs fois. Tout le monde en connaît l'origine. Lorsque Jésus-Christ montait au Calvaire, une femme essuya son visage couvert de sueur et de sang; les traits du Sauveur marquèrent leur empreinte sur le linge qui fut exposé plus tard à la vénération des fidèles sous le nom de *Vera Icon*, le vrai portrait. Le peuple, par une transposition de lettres appela ce voile *Veronica* et on donna le nom de Véronique à la femme qui avait recueilli cette précieuse relique.

Un autre portrait miraculeux et très célèbre est celui

que Jésus-Christ forma sur lui-même en appliquant son visage sur un linge et qu'il envoya à Abgare, prince d'Edesse. Abgare fit coller ce portrait sur bois et on le transporta d'Edesse à Constantinople, sous le règne de Constantin Porphyrogénète.

Ces portraits n'ont été connus que du temps de Constantin. C'est à cette époque seulement que les chrétiens se sont préoccupés de la figure exacte que pouvait avoir eue le Sauveur. Dans l'âge primitif, quand il est représenté, c'est tantôt sous la forme d'un adolescent imberbe, tantôt sous celle d'un homme barbu ou même d'un vieillard. Mais les traits sont différents et n'impliquent aucunement la ressemblance qu'on demande à un portrait. L'âge qu'on lui voit n'est pas en rapport avec le moment historique reproduit par l'artiste. L'extrême vieillesse qu'on lui donne quelquefois n'est pas non plus justifiée par les évangiles canoniques, mais les évangiles apocryphes qui sont très nombreux et qui varient énormément quant à l'âge du Christ n'étaient pas répudiés comme ils l'ont été depuis, et les artistes y puisaient fréquemment des sujets.

Il était d'autant plus difficile aux artistes de s'entendre sur le visage que devait avoir le Sauveur, que les Pères eux-mêmes qui auraient dû les guider ne s'entendaient aucunement, et la question de savoir s'il était beau ou laid a suscité parmi eux des discussions extrêmement curieuses.

Les dieux de l'antiquité qui étaient les forces de la nature personnifiées devaient s'exprimer dans leurs formes matérielles par des types revêtant le plus possible la perfection physique. Mais venu au monde pour souffrir, né dans une étable, modèle du sacrifice et de l'humilité, le Christ, type purement moral, devait entraîner l'humanité par l'exemple de la vertu, et n'avait pas besoin de la séduire par les charmes de sa personne « Il avait, dit saint Clément d'Alexandrie, non la beauté de la chair qui paraît aux yeux, mais la vraie beauté de l'âme et du corps. La beauté de son âme consistait dans son inclination à faire du bien à tout le monde et celle de son corps dans l'immortalité. » Saint Gille pensait de même . « Et afin, dit-il, que nous comprissions que la chair comparée à la divinité n'est rien, le Fils de Dieu a voulu paraître dans une forme qui n'était nullement belle. » Le fougueux Tertullien est plus explicite encore · « Si Jésus est laid aux yeux des hommes, si ses traits sont grossiers et vils, je reconnais en lui mon Dieu. »

Fig. 228. — *Le Christ, par Sébastien del Piombo.*

Suivant l'opinion des Pères africains, Jésus, en prenant toutes les infirmités humaines, s'était inoculé la laideur, et ses formes repoussantes étaient le témoignage de son dévouement. Ils s'appuyaient sur une phrase de saint Paul dans l'épître aux Philippiens : « Jésus s'est anéanti lui-même en recevant la forme d'un esclave, » et plus encore sur le texte d'Isaïe qui dit en parlant du Messie : « *Il est sans beauté et sans éclat, nous l'avons* vu et il n'avait rien de beau et nous l'avons méconnu. C'était un objet de mépris, le dernier des hommes, un homme de douleurs et connaissant l'infirmité. Son visage était comme caché et méprisé ; aussi ne l'avons-nous pas estimé. Lui-même il a pris nos langueurs ; lui-même il a porté nos douleurs. Nous l'avons considéré comme un lépreux frappé de Dieu et humilié. »

Quelques Pères cédant peut-être à leur insu à une éducation demi-païenne, reconnaissaient le caractère divin de la beauté et ne pouvaient se résigner à croire que le

Christ fût inférieur sous ce rapport aux dieux de l'antiquité. « Il était, dit saint Augustin, beau dans le sein de sa mère, beau sur la croix, beau dans le sépulcre. » — « Son père céleste, dit saint Chrysostôme, versa sur lui à grands flots la grâce corporelle qu'il dispense aux mortels goutte à goutte. »

Mais la plupart pensaient qu'il avait pris par humilité une forme laide et on alla jusqu'à l'appeler le plus laid des enfants des hommes. Cette opinion était d'autant plus accréditée qu'elle se trouvait plus opposée à l'idée que les païens s'étaient toujours formée du divin. « Jésus n'était pas beau, donc il n'était pas Dieu, » s'écrie le païen Celse dans sa polémique contre Origène. Il devenait donc impossible aux artistes chrétiens d'imiter les païens dans la représentation du type divin, et il leur fallut chercher du nouveau. Toutefois il s'établit un compromis entre la vieille tradition qui voulait qu'un Dieu fût toujours représenté jeune et beau, et la croyance du temps qui dépeignait Jésus comme absolument dépourvu de grâce. Quand on le représentait agissant comme Dieu, c'est-à-dire dans sa gloire, c'était sous la forme d'un adolescent imberbe, comme Bachus ou Adonis, mais quand on le représentait comme homme, c'était souvent sous les traits d'un vieillard centenaire exténué par la fatigue et le jeûne.

Quand l'Eglise fut décidément triomphante, les images du Sauveur devinrent très fréquentes, et l'idée de beauté commença à prévaloir. Mais cette beauté n'avait rien de commun avec la tradition antique. Il était sévèrement défendu d'imiter et même de regarder les idoles, et un artiste eut la main desséchée pour avoir osé représenter le Christ sous des traits qui rappelaient ceux du Jupiter antique (V. Chrétien (Art). Alors fut créé le type qui a prévalu pendant tout le moyen âge et que l'art moderne a amélioré sans le modifier dans son principe. C'est un visage d'un ovale un peu allongé avec une physionomie grave et mélancolique, la barbe courte et les cheveux séparés au milieu du front (fig 228). La fameuse lettre de Lentulus, qui obtint alors beaucoup de crédit, parait avoir exercé une grande influence sur le type qui a prévalu à partir de ce moment.

Voici cette lettre qui fut admise comme écrite par un contemporain de Jésus-Christ : « Dans ce temps apparut un homme qui vit encore et qui est doué d'une grande puissance : son nom est Jésus-Christ. Ses disciples l'appellent le Fils de Dieu ; les autres le regardent comme un prophète puissant. Il rappelle les morts à la vie ; il guérit les malades de toute espèce d'infirmités et de langueurs. Cet homme est d'une taille haute et bien proportionnée ; sa physionomie est sévère et pleine de vertu, de façon qu'à le voir on puisse l'aimer et le craindre aussi. Les cheveux de sa tête ont la couleur du vin et jusqu'à la naissance des oreilles sont droits et sans éclat ; mais des oreilles aux épaules, ils brillent et se bouclent. A partir des épaules ils descendent dans le dos distribués en deux parties à la façon des Nazaréens. Front pur et uni, figure sans tache et tempérée d'une certaine rougeur, physionomie noble et gracieuse. Le nez et la bouche sont irréprochables. La barbe est abondante, de la couleur des cheveux, et fourchue. Les yeux sont bleus et très brillants. Personne ne l'a vu rire une seule fois, mais on l'a vu plutôt pleurer. Elancé de corps, il a les mains droites et longues, les bras charmants. Grave et mesuré dans ses discours, il est sobre de paroles. De figure il est le plus beau des enfants des hommes. »

Cette lettre envoyée par Lentulus au Sénat, aujourd'hui considérée comme apocryphe par la plupart des critiques, a servi de type aux images adoptées dans l'Eglise, et les artistes du moyen âge se sont efforcés de s'y conformer. Mais si pendant des siècles on voit le Christ revêtir des traits qui se rapportent à la même tradition, l'expression de sa physionomie se modifie selon les mœurs et selon l'idée qu'on se fait du divin.

Le supplice de la Passion n'a été représenté que très tard. Dans les temps primitifs, on voit la croix mais sans le Christ. Il se montre vers le x^e^ siècle, mais complètement vêtu d'une longue robe à manches qui, à mesure qu'on avance, va en s'écourtant. Au xii^e^ siècle, les manches disparaissent et la poitrine se montre à découvert, et au xiv^e^ le divin crucifié a un morceau d'étoffe autour des reins, tel que nous le voyons aujourd'hui. Le Christ, d'une effrayante maigreur, déformé par le jeûne et la souffrance, est le type qui a prévalu parmi les peintres et les sculpteurs du xv^e^ siècle et une partie de ceux du xvi^e^. Les peintures de ce genre sont très communes dans les églises et dans les galeries. Tous les maîtres des écoles primitives ont représenté le Christ avec des larmes dans les yeux, des plaies bleuâtres et des marques sanglantes du fouet et de la couronne d'épines, Le peintre espagnol Moralès, surnommé le divin, est célèbre par ses Christs sanglants et décharnés que la Mère de douleur arrose de ses larmes.

L'habitude des pélerinages en Terre-Sainte a fourni aux artistes du moyen âge une forme différente du Christ. Ils comparent la vie humaine de Jésus-Christ à un voyage pénible et douloureux et ils lui donnent l'habit d'un pélerin.

La Renaissance italienne qui est signalée par un retour aux idées de l'antiquité a cherché à donner au Christ la beauté de formes que la Grèce donnait à ses dieux, mais en se conformant au type admis par l'Eglise. La tête de Léonard de Vinci, dans la *Cène de Milan*, plaira toujours aux artistes qui y voient la beauté physique unie à la beauté morale, aux archéologues qui trouvent dans l'arrangement de la barbe et des cheveux un souvenir ingénieux des plus anciennes traditions, aux chrétiens des temps modernes qui, dans le mélange d'intelligence calme et de douceur infinie du visage, reconnaissent le Dieu de mansuétude et de pardon que les mères enseignent à leurs enfants. Pourtant ce tableau célèbre est l'œuvre du génie plutôt que de la foi et on lui a reproché de ressembler à un banquet de philosophes plutôt qu'à une assemblée d'hommes simples.

Au type de Léonard, les protestants opposent celui de Rembrandt, qu'ils trouvent plus conforme aux récits de l'Evangile. Le Christ de Rembrandt n'est pas beau physiquement et les apôtres qui l'accompagnent sont des hommes du peuple qui n'ont pas le rayonnement d'intelligence que leur prête Léonard de Vinci. Mais sous les traits du Rédempteur on voit une douceur admirable comme dans le tableau des *Pèlerins d'Emmaüs*, et parfois une étonnante puissance de geste comme dans la *Résurrection de Lazare*. Les apôtres, malgré la grossièreté de leurs accoutrements, présentent l'expression d'une foi candide et profonde.

Après les grands maîtres, l'art ne fit que divaguer et s'égarer de plus en plus. Les Allemands ont essayé de se remettre pour le personnage du Christ sur la trace de la tradition. Leur peintre Owerbeck donne à peu près la mesure de ce qu'on peut attendre de ces essais de restauration. La figure colossale du *Sauveur* pour le fronton d'une église de Copenhague, par Thorwaldsen, offrirait plus d'originalité et un sentiment plus profond de l'idéal du Christ, tel qu'il peut s'offrir à la conception de l'artiste moderne.

L'art français n'a contribué en rien à cette élaboration du type du Christ ; il en perdit même de très bonne heure le sens, car il ne fut pas donné à Poussin de le saisir même de loin. Son génie allait dans une autre direction. Lesueur seul fait exception dans l'école par l'intensité de son sentiment religieux. Il va sans dire que le xviii^e^ siècle ne s'inquiéta pas beaucoup de cette recherche, et le règne de Louis David ne dut pas, comme on le pense bien, l'encourager davantage. C'est dans un tableau de Ingres, *Le Christ remettant les clefs à saint Pierre*, et dans les peintures murales du chœur de Saint-Germain-

des-Prés, par Hippolyte Flandrin, que l'on trouvera la plus noble expression que l'art moderne ait donné du type du Christ. Une belle ferveur religieuse anime également les représentations que les peintres anglais de l'Ecole préraphaélite en ont données, notamment M. W. Holman Hunt, dans son tableau *The Light of the World*, « La lumière du monde. » Nous ne pouvons vraiment prendre au sérieux les tentatives qui ont été récemment faites en France, pour imposer aux personnages de l'Ecriture, les costumes arabes. Horace Vernet s'y était essayé. Depuis, M. Bida a repris et appliqué le même principe à l'illustration de l'Ancien et du Nouveau-Testament. C'est une erreur qui ne pouvait se produire qu'en France, car elle n'a d'autre origine que la conquête de l'Algérie sous Louis-Philippe. Dans cet esprit, c'est plutôt encore en Palestine même, parmi la population israélite de Jérusalem, que l'on trouverait des types conformes à la vraisemblance historique. Deux peintres belges, MM. Albrecht et Julian De Vriendt, ont fait en ce sens des efforts de restitution intéressants. Dans tous les cas, tout vaut mieux que le type fade et langoureux, dont l'imagerie de Saint-Sulpice a de nos jours si malheureusement affublé la figure du Christ. — E. CH.

* **CHRISTOFLE** (CHARLES), orfèvre, né à Paris, en octobre 1805, fils d'un manufacturier ruiné par l'invasion de 1814, avait fait ses études au collège Sainte-Barbe dont il était devenu un des administrateurs les plus dévoués. Il débuta en faisant son apprentissage comme ouvrier dans une fabrique de joaillerie, dans laquelle il fut bientôt intéressé. A l'âge de vingt-quatre ans, il se trouvait à la tête de cette même fabrique devenue, grâce à lui, la plus importante de son temps. Le premier, il créa pour la France le commerce de la joaillerie dite d'exportation, et rendue presque impossible jusqu'alors par la difficulté d'inspirer une entière confiance dans ce genre d'industrie où la fraude peut si aisément se glisser. Il arriva un jour qu'un acheteur étranger débattait avec lui le prix d'un collier de diamants. — Mais, Monsieur, qui me garantit la réalité du poids que vous admettez pour ces diamants? — Ma parole, Monsieur, lui répondit l'honnête joaillier, et comme l'étranger insistait dans son doute, M. Christofle, s'emparant d'un marteau, brisa devant lui le collier, et réunissant les pierres précieuses lui prouva *de visu* que sa parole avait toute la précision de la balance la plus exacte. C'est en conformant sa conduite à ces principes si honorables, qu'il était parvenu à créer à l'étranger cette branche de commerce. Cette même loyauté le guida dans la fondation de la nouvelle industrie à laquelle son nom restera attaché.

Il est intéressant de rechercher combien il a fallu d'années de travail et d'efforts pour amener à sa situation actuelle l'établissement que dirigent aujourd'hui le fils et le neveu de son fondateur. Les différentes expositions industrielles, soit françaises, soit internationales, qui se sont succédé depuis trente ans nous ont été comme des étapes où nous avons trouvé des témoins de sa marche. En recherchant dans les catalogues et dans les rapports des jurys, il nous a été facile de dresser comme une échelle de ses progrès.

Charles Christofle figurait comme fabricant de joaillerie et de bijouterie à l'Exposition de 1839, où il obtenait une médaille d'or. A celle de 1844, il avait encore exposé au même titre, mais une nouvelle branche d'industrie s'était jointe à celle de son ancien atelier. C'était l'argenture et la dorure par la voie humide. Cette méthode qui comprend plusieurs procédés était un progrès immense sur l'ancienne dorure, très coûteuse d'abord, puis très funeste à la santé des ouvriers. Mais que de tracas et que de luttes Charles Christofle eut à subir pour jouir en toute sécurité des brevets qu'il avait achetés!

En 1841, en effet, croyant avec tout le monde M. de Ruolz inventeur des procédés industriels d'argenture et de dorure galvanique, il lui avait acheté le droit d'exploiter ses brevets. Mais M. Elkington ayant fait valoir ses droits réels à la propriété des procédés, il dut, après enquêtes très sérieuses, acquérir à nouveau, pour le prix modeste de 500,000 francs, ce qu'il se croyait en droit de posséder. Maître du terrain à l'égard du ou des inventeurs, — car il n'était pas quitte à l'égard des contrefacteurs, — Charles Christofle apparut donc à l'Exposition de 1844 comme exploitant industriellement des procédés qui avant lui n'étaient guère sortis des laboratoires. — V. ARGENTURE. DORURE.

Le jury sut prédire dès lors le rang élevé que l'argenture voltaïque prendrait dans la consommation, et rendit justice aux excellentes dispositions prises pour assurer à cette nouvelle et délicate industrie une production régulière et loyale inspirant une confiance absolue aux consommateurs. La comptabilité intérieure de la fabrique était établie en effet de façon à constater le poids réel de l'or ou de l'argent déposé sur la pièce et à en former la base du prix de vente. Une médaille d'or, puis la croix d'honneur furent les récompenses officielles accordées à Charles Christofle.

Il abandonna dès lors à son neveu, M. Rouvenat, ses ateliers de bijoutier, pour se consacrer exclusivement à la nouvelle industrie. Comme sa fortune se trouvait presque absorbée toute entière par les frais considérables d'achat et de premier établissement, il fonda en 1845, au capital de 1,600,000 francs, la Société qui existe encore aujourd'hui.

C'est à l'argenture et à la dorure par la voie humide que Charles Christofle prétendait alors borner son industrie. Mais les fabricants sur lesquels il comptait pour le suppléer en produisant de l'orfèvrerie de table, en cuivre ou en laiton, qu'il n'aurait eu qu'à revêtir d'or ou d'argent, hésitèrent à se lancer dans cette voie nouvelle. Il se souvint alors qu'il avait donné une forme aux métaux, et de bijoutier se fit orfèvre. Ce fut donc en cette qualité qu'il prit part à l'Exposition de 1849. L'époque était triste, car on venait de traverser une période funeste aux industries de luxe et le chiffre d'affaires, — qui de 680,000 francs, qu'il était en 1844, était monté à plus de 2 millions, en 1847, — descendit de plus de moitié en 1848. Mais la crise qui avait fait remplacer beaucoup d'argenterie pleine par ce qu'on appelait « du Ruolz » et l'amour du luxe à

bon marché qui a suivi la Révolution, furent peut-être plus favorables que nuisibles à l'industrie naissante, en la répandant d'abord, puis en la rendant nécessaire. Mais ce n'étaient encore que des services de table, depuis les couverts, les plats, etc., jusqu'aux surtouts et aux candélabres, que le jury récompensait par une médaille d'or. Il reconnaissait que les modèles choisis et combinés avec goût étaient remarquables par la pureté et l'heureuse entente des formes.

Le succès engendra les contrefacteurs et les procès que Charles Christofle eut à engager pour soutenir ses droits ont absorbé la somme énorme de 500,000 francs, jusqu'au moment où l'expiration du dernier brevet, en 1854, fit rentrer l'industrie dans le droit commun; mais, alors l'établissement était depuis longtemps placé hors de pair. Il possédait une avance qui lui a permis de se maintenir à la tête de l'industrie spéciale où il n'a fait que se développer sans y rencontrer de rivaux sérieux.

Forcé, comme nous l'avons dit, de se faire orfèvre, lorsqu'il n'aurait voulu être qu'argenteur et doreur par la voie humide, Charles Christofle comprit que pour faire mieux les choses ordinaires, il fallait pouvoir faire bien les choses extraordinaires et que des pièces d'apparat étaient nécessaires pour attirer l'attention sur les produits courants.

Poussé dans cette voie de l'orfèvrerie d'art tant par ces considérations que par le désir de ne pas rester au-dessous de lui-même, Charles Christofle s'est présenté dès lors avec des produits toujours nouveaux dans les différentes expositions qui depuis seize ans, en Angleterre et en France, ont appelé quatre fois les industries du monde à un concours universel.

A Londres, en 1851, il ne montre guère que les produits encore industriels d'une fabrication courante comme ceux de l'Exposition précédente. Ce qui semble avoir surtout intéressé le jury, c'est l'excellente installation des ateliers, les nouveaux chalumeaux à gaz pour la soudure, le nombre des ouvriers occupés dans l'usine et dans ses annexes, qui était alors de 300, et le chiffre des affaires qui, pour les six premiers mois de l'année, s'était élevé à 1,500,000 francs.

A Paris, en 1855, l'art intervient davantage dans les produits exposés. C'est toujours par le choix des formes qu'il se révèle, surtout dans les pièces de consommation courante; mais, dans le service de cent couverts et dans le surtout commandé par l'Empereur, la statuaire et l'ornement jouent un rôle important. Les figures du surtout sont modelées par MM. Diebolt, Daumas, Montagny, Briand frères et Rouillard, et l'ornementation et la direction sont confiées à M. Gilbert. L'émail commence à être employé; il égaie de quelques touches colorées un service à thé de style oriental, il revêt le globe d'une pendule supportée par trois amours en argent repoussé.

Le chiffre des affaires de l'établissement est monté à 4,500,000 francs; ce qui force bientôt la Société à porter son capital à 3 millions de francs; pour des motifs imposés par les lois de douane, elle est obligée, afin de faire pénétrer ses produits en Allemagne, de fonder une succursale à Carlsruhe.

A Londres, en 1862, le progrès était immense. Il suffisait pour le constater d'examiner la pièce centrale du surtout commandé par la ville de Paris, la seule qui fût alors exécutée. Les éléments de cette pièce prouvaient l'excellente direction donnée à la fabrique et l'habileté de ses ouvriers. Le surtout de table de style grec dessiné par M. Rossigneux pour S. A. I. le prince Napoléon, où l'ivoire se mêlait au métal dans l'exécution des figures modelées par M. Barre; de nombreuses pièces décoratives destinées à couvrir la table, le tout en orfèvrerie de cuivre ou de laiton argenté et doré, accompagnaient dignement le vaisseau toujours flottant de la ville de Paris. De la vraie argenterie de luxe se montrait à côté. C'était d'abord un service de vermeil pour l'Empereur, puis divers services à thé, l'un de style arabe décoré d'émaux, l'autre décoré de fleurs et d'oiseaux repoussés et ciselés.

Le modèle des coupes offertes comme prix d'honneur dans les concours d'agriculture avec ses bas-reliefs finement ciselés, sur son pied, les animaux debout et sa figure allégorique de Cérès, appartenaient à l'art du repoussé et de la ciselure, ainsi que le groupe équestre, dans le style allemand, qui représente le grand-duc Michel de Russie emmenant la duchesse Marie de Bade. Le Csaréwitz est guidé par les archanges Gabriel et Michel, tandis que des gnômes désolés sont sortis de leurs retraites de la Forêt-Noire pour s'opposer au départ de la belle fiancée.

Comme l'aluminium était dans les préoccupations du moment, MM. Christofle et Cie s'étaient plu à modeler quelques pièces de ce métal d'un aspect si désagréable; enfin quelques grandes statues moulées en cuivre par la galvanoplastie témoignaient d'efforts incessants pour faire sortir du cadre un peu restreint, où elle se maintenait, cette industrie à laquelle MM. Christofle et Cie demandaient un si actif concours pour l'exécution des accessoires de leurs services de table. Il n'est pas indifférent, en effet, de déposer une couche de cuivre dans un moule de petite proportion ou dans celui d'une figure des dimensions de la nature, et de diriger les courants galvaniques de telle sorte que le dépôt se fasse également. A la suite de cette Exposition internationale de 1862, la fabrique reçut deux médailles et Charles Christofle fut nommé officier de la Légion d'honneur. Quand au chiffre des affaires, il allait s'accroissant sans cesse; il était monté à 7,500,000 francs.

Arrivé au sommet d'où l'établissement ne devait pas descendre, Charles Christofle paya son tribut à la nature.

Sous l'habile direction de MM. Paul Christofle et Henri Bouilhet, l'un le fils, l'autre le neveu du fondateur, l'établissement Christofle et Cie ne devait pas péricliter, comme le prouve l'Exposition internationale de 1867.

Alors, avec le complément du surtout de la ville de Paris, qui était la pièce principale, apparurent

un grand nombre de pièces d'orfèvrerie de luxe en argent repoussé. Mais les deux nouveautés étaient les émaux cloisonnés et les incrustations métalliques.

Ces deux industries, considérablement développées, ont reparu avec un éclat plus grand aux dernières expositions de l'Union centrale des Beaux-Arts appliqués à l'industrie et à l'Exposition de l'électricité en 1881, en compagnie de quelques-uns des services aujourd'hui complétés, dont plusieurs éléments seulement avaient été vus à l'Exposition de 1867, et de l'importante production du trésor d'Hildesheim.

L'usine où ces différents produits sont fabriqués est située rue de Bondy, au milieu d'un quartier bâti de constructions très denses. Elle s'est agrandie peu à peu aux dépens des constructions mitoyennes à l'établissement primitif. Chaque progrès nouveau a eu pour conséquence une invasion nouvelle chez les voisins. Mais, dans ces annexes comme dans les ateliers qui datent de la fondation, les installations heureusement combinées se font remarquer par un soin remarquable des détails, de l'outillage et par l'emploi des procédés les plus nouveaux et les plus perfectionnés.

Dans l'atelier central, livré aux tourneurs et aux repousseurs de feuilles de cuivre ou de laiton qui doivent les transformer en plat, en sucrier, en cafetière ou en cuvette, des arbres de couche mus par la machine à vapeur mettent en mouvement, à la volonté de l'ouvrier, les marteaux et les tours, les uns circulaires pour les pièces rondes, les autres excentriques pour les pièces ovales. C'est une chose curieuse à voir que ces dernières en mouvement, former une ellipse aux contours incertains partout ailleurs qu'au point précis invariablement amené par les combinaisons de la machine sous le ciseau de l'ouvrier.

Comme annexe de cet atelier où l'on exécute les plats et les assiettes, sont installés les fourneaux pour la soudure. C'est là que les filets saillants qui garnissent les bords des plats, les anses des cafetières, toutes les pièces rapportées enfin sont fixées par la soudure en cuivre. La pièce noyée dans les charbons ardents blanchit sous les jets de gaz que l'ouvrier dirige au moyen de deux lances assemblées. L'une amène le gaz hydrogène fabriqué exprès, l'autre l'air extérieur poussé dans un réservoir par une pompe pneumatique toujours en mouvement. Plus loin sont les balanciers qui, au moyen de matrices d'acier, produisent les ornements estampés, comme ceux de la Monnaie, frappent les pièces d'or ou d'argent. L'ouvrier tire une corde et la courroie toujours en mouvement fait lentement d'abord, puis avec un mouvement accéléré, descendre le coin qui frappe un coup sec et se relève, laissant le lingot de métal qu'on lui a soumis transformé en rosace, en frise, en fleuron aux contours aussi nets que s'ils avaient été ciselés. Parfois du coup se rompt l'énorme étrier de fonte qui réunit au tas le bâti où se meut la puissante masse.

Les pièces estampées doivent nécessairement présenter de la dépouille et n'avoir qu'une face. Mais il faut employer le moulage et la fonte lorsqu'elles ont des revers et des dessous qui doivent être visibles. C'est dans les ateliers de fonderie que s'exécutent ces travaux ; là des ouvriers habiles, sur des modèles faits avec soin, exécutent en sable les moules dans lesquels on coule le métal en fusion.

La pièce brute est portée dans les ateliers des ciseleurs qui la réparent. Lorsqu'il s'agit de pièces originales qui doivent servir de types et de modèles, ce sont encore des ciseleurs, mais des artistes ceux-là, qui les exécutent. De ces ateliers sortent les pièces uniques, soit fondues, soit repoussées qui, par cela même qu'elle sont uniques, deviennent des originaux de valeur. En outre des reliefs, certaines pièces, comme les plateaux, les théières, les cafetières, etc., reçoivent des fonds d'ornements gravés qui se reproduisent plusieurs fois. Ici les courants électriques jouent également un rôle important sur un appareil fort ingénieux, imaginé par un des chefs d'atelier de la fabrique. Les éléments indispensables du dessin courant à reproduire sont peints sur papier ou sur métal avec des vernis d'une composition particulière, parfois en réserve, suivant l'effet à obtenir, et un stylet qui s'y promène fait agir, au moyen des dispositions usitées dans la télégraphie, des burins qui alternativement attirés ou repoussés entament la pièce de cuivre qu'un mouvement alternatif ou giratoire, suivant sa forme, promène devant eux.

Les pièces tournées, ajustées, ciselées, gravées, le tout en cuivre ou en laiton, sont alors portées dans les ateliers de bains galvaniques. Au préalable, il faut les nettoyer et les décaper de façon qu'aucun corps gras ou aucune oxydation ne vienne s'opposer au dépôt des métaux précieux, l'or ou l'argent. Des brosses circulaires montées sur des arbres en mouvement chargés de dissolutions savonneuses et autres commencent l'opération. Puis des chaudières, contenant des bains acides et des bains alcalins, sont toujours prêtes à donner au cuivre ou au laiton un éclat qui, s'ils le conservaient, en ferait les plus beaux des métaux. Après avoir reçu cette dernière préparation, les pièces soigneusement pesées sont suspendues par un fil de cuivre dans un bain de cyanure d'argent ou d'or, suivant que c'est d'argent ou d'or qu'on les veut couvrir. Ces bains peuvent être même tellement combinés qu'il leur est possible de déposer des ors de différents tons, chose à peine croyable, lorsque l'on sait que ces ors aux tons variés sont un alliage du métal précieux avec l'argent ou le cuivre, et que l'effet du courant galvanique dans les dissolutions métalliques a pour effet de les décomposer.

Lorsque la pièce est restée assez longtemps dans le bain, où des dispositions particulières renouvellent sans cesse les points de contact du liquide, lorsque la balance a constaté que celle-ci a reçu une couche suffisante d'or ou d'argent, elle est portée dans les ateliers de brunissage, où elle est traitée comme tout autre orfèvrerie. Les monteurs ajustent ensuite les différents éléments d'une même pièce au moyen des vis, des écrous et des

tenons préparés et soudés à l'avance. Tel est le mode de fabrication de l'orfèvrerie galvanique qui, entrée dans l'usine de la rue de Bondy sous la forme de plaque ou de lingot, en sort œuvre d'art ou d'industrie.

Quant aux couverts qui constituent, dans une proportion considérable, le fond courant de la fabrication, ils sont fabriqués dans une usine de la banlieue où la main-d'œuvre est moins coûteuse et apportés à l'établissement central pour y recevoir leur revêtement d'argent.

A côté de ces produits, où les procédés ordinaires de l'orfèvre en argent complétés et améliorés par tout ce que la mécanique et la science moderne peuvent apporter de progrès sont employés presque exclusivement, MM. Christofle et C^ie^ ont créé une nouvelle industrie toute récente par son origine, en même temps que toute personnelle par ses développements. Nous voulons parler de la galvanoplastie dont ils ont su tirer un si grand parti pour la reproduction des chefs-d'œuvre des siècles passés et des œuvres les plus délicates sorties de leurs propres ateliers. Ici deux opérations sont nécessaires, l'exécution du moule et le dépôt galvanique dans celui-ci.

Le modèle en cuivre, exécuté avec toute la perfection désirable, est moulé en gutta-percha chaude et sous une certaine pression. Après un refroidissement partiel, la gutta-percha encore flexible, s'enlève tout d'un morceau formant un moule qui reproduit exactement le modèle tout entier, avec ses saillies, ses angles rentrants et ses revers, pourvu que le tout ne présente pas de reliefs trop considérables. Dans ce cas, comme lorsqu'il s'agit d'une ronde-bosse, celle-ci est moulée en plusieurs parties qui sont ensuite réunies. C'est ce moule qui est déposé dans les bains de sulfate de cuivre qu'un courant galvanique décompose de telle sorte que le métal se dépose, molécule par molécule, dans son intérieur. Pour enlever la pièce on est forcé de couper et de briser la gutta-percha qui a acquis, par le refroidissement, la dureté du bois. Ces pièces, généralement fort minces, qui présenteraient peu de résistance, sont fourrées intérieurement de grenaille de cuivre fondue au chalumeau à gaz sur les fourneaux à souder.

Le moulage galvanique que MM. Christofle et C^ie^ appliquent même à des pièces colossales dans des bains immenses, puisqu'ils ont exécuté quelques-uns des groupes qui couronnent l'Opéra, explique comment ils peuvent dépenser des sommes considérables à créer des pièces d'orfèvrerie de luxe ainsi que nous le disions en commençant. Ces pièces composées par les dessinateurs les plus accrédités, modelées par les statuaires et les ornemanistes les plus habiles, fondues ou repoussées, ciselées et achevées par les meilleurs ouvriers, œuvres uniques qu'achètent les gens riches qui ont le goût des belles choses, peuvent servir de modèles à des reproductions galvaniques qu'il est loisible de reproduire à l'infini avec une perfection égale à celle de l'original. Celui-ci est moulé en gutta-percha et reproduit en galvanoplastie, consolidé, réparé, ciselé par des maîtres-ouvriers, et c'est ce *fac-simile* de cuivre qui sert de modèle pour toutes les reproductions ultérieures.

On conçoit, d'après les indications très sommaires que nous venons de donner, de quelle ressource est la galvanoplastie pour l'exécution économique d'une foule de pièces dont les modèles ont demandé, par contre, le concours des artistes les plus habiles et des ouvriers les plus expérimentés. On comprendra de plus qu'avec un peu de soin les reproductions possèdent exactement le même aspect que les originaux; que la matière seule et le fait de posséder l'œuvre même de l'artisan ou de l'artiste sont l'unique différence entre l'original et la copie. Nous ne pousserons pas plus loin cette étude, qui se trouvera complétée à l'article GALVANOPLASTIE.

Au moment, avons-nous dit, où M. Christofle s'apprêtait à jouir d'un repos légitimement acquis par une vie de labeurs incessants, lorsque déjà son activité, cherchant une autre direction s'était tournée vers l'agronomie, où de nouveaux succès étaient venus couronner ses efforts, une mort prématurée et inattendue l'enleva à sa famille le 13 décembre 1863.

Loyauté dans les transactions, responsabilité de ses produits affirmée par la marque de fabrique, association de ses ouvriers à la prospérité de son œuvre, union intelligente de l'art à l'industrie, tels sont les moyens employés par le digne manufacturier pour mener à bien une entreprise difficile dont le pays profite amplement aujourd'hui.

Si après l'honorable industriel, nous regardons l'homme privé, le citoyen, nous trouvons M. Christofle plein des sentiments les plus noblement dévoués au bien de tous. Nous rappellerons la création de la caisse de secours de son établissement, la fondation de cinq lits aux asiles de Vincennes et du Vésinet au profit de ses ouvriers; une somme de près de 80,000 francs distribuée en livrets de la caisse d'épargne incessibles et insaisissables. Sa participation à tant de sociétés d'encouragement et de secours, à l'association philotechnique, aux Amis des sciences, à l'association amicale de Sainte-Barbe, sa fondation au profit des inventeurs pauvres près la Société d'encouragement pour l'industrie nationale; cent œuvres charitables enfin qu'il multipliait sans cesse autour de lui à l'insu de tous, nous autorisent suffisamment à dire que par la mort de Charles Christofle on a perdu, non seulement un industriel ayant honoré son pays par ses travaux, mais encore un de ces hommes au cœur droit et à la persistante individualité qui font marcher de front le progrès et la charité.

Préoccupé de la continuité de son œuvre, M. Christofle avait pris soin de former ses successeurs, son fils et son digne neveu, M. Henri Bouilhet, instruits à son école et grandis au milieu des travaux de la manufacture et de l'administration. Il leur a de plus légué le soin de poursuivre son œuvre de bienfaisance et c'est avec justice que l'honorable M. Mainguet, président du Conseil de surveillance de la Société Charles

Christofle et Cie, rappelait sur sa tombe ces paroles touchantes qui terminent son testament commercial : « Mes successeurs aimeront et secourront les employés et ouvriers de la maison comme je les ai aimés et secourus moi-même. »

* **CHROMADOTE.** *T. de phys.* Instrument destiné à l'observation plus facile des inflexions de la lumière.

* **CHROMAMÈTRE.** Instrument destiné à faciliter l'accord du piano. Il est composé d'un petit corps sonore, avec un long manche divisé par demi-tons, et monté d'une corde, sur laquelle on fait glisser un sillet mobile qui varie les intonations selon les divisions du manche.

***CHROMATAGE.** *T. d'impr. et de teint.* Passage d'une étoffe dans un bain de bichromate de potasse pour fixer la matière colorante. — V. Chromater.

CHROMATE. *T. de chim.* Nom donné au sel qui résulte de l'union de l'acide chromique avec une base.

Caractères généraux. La chaleur agit d'une façon différente sur les chromates : elle est sans effet sur quelques-uns, et décompose ceux dont les bases ne sont pas énergiques. Ceux à réaction acide sont solubles dans l'eau (chromates de chaux, potasse, soude, strontiane, magnésie, nickel, zinc, cuivre) ; quelques chromates basiques sont également solubles ; ceux métalliques neutres ne le sont pas. Presque tous sont insolubles dans l'alcool.

Traités par l'acide chlorhydrique, à l'ébullition, ils dégagent du chlore :

$$2(KO,CrO^3)+8(HCl)=$$
$$8(HO)+2(KCl)+Cr^2Cl^3+3Cl;$$

tandis qu'avec l'acide sulfurique, ils donnent de l'oxygène :

$$KO,2(CrO^3)+4(SO^3,HO)=$$
$$[KO,SO^3+Cr^2O^3,3(SO^3)]+4(HO)+O^3.$$

Avec un grand nombre de sels, ils forment des sels doubles. La proportion de l'oxygène de l'acide par rapport à celui de la base, est :: 3 : 1.

Leur coloration varie des diverses nuances du jaune, à l'orangé, au rouge et au brun.

Préparation. Presque tous se préparent au moyen des chromates de potasse.

Usages. Ils servent surtout comme matières colorantes, ou comme oxydants.

Les principaux chromates employés dans l'industrie sont les suivants :

Chromate d'ammoniaque (Bi-).

$$AzH^4O,(CrO^3)^2=(AzH^4)^2Cr^2O^7.$$

Il est en aiguilles d'un rouge-grenat, inaltérables à l'air, et qui brûlent facilement lorsqu'on les allume par une extrémité, en donnant de l'oxyde vert de chrôme.

Préparation. Bœttger l'obtient en prenant un poids quelconque d'acide chromique, séparant ce produit en deux parties, saturant l'une d'elles par l'ammoniaque, et y ajoutant la seconde. On évapore dans un appareil dessiccateur, pour faire cristalliser.

Usages. Dans les fabriques de toiles peintes, ce corps tend à remplacer le bichromate de potasse.

Chromate d'argent.

$$AgO,2(CrO^3)=Ag^2CrO^4.$$

Il est en prismes rhomboïdaux d'un rouge-rubis ou rouge-carmin (liqueurs acides), légèrement solubles dans l'eau, décomposés par l'action de l'eau bouillante.

Préparation : 1° Précipiter une solution de bichromate de potasse par une solution de nitrate d'argent ; 2° Plonger une lame d'argent dans une solution de bichromate de potasse acidulée par l'acide sulfurique.

Usages. Employé par les peintres en miniature.

Chromate de baryte.

$$BaO,CrO^3=Ba''CrO^4.$$

Syn. : *jaune d'outremer*. Il est sous forme de poudre jaune-citron, insoluble dans l'eau, soluble dans l'acide chromique et l'acide azotique.

Préparation. — Précipiter une solution contenant 100 parties de chlorure de baryum, par une solution de 82 à 84 parties de chromate double de potasse et de soude.

Usages. Sert en peinture : soit pour peinture à l'huile ou à la détrempe ; il est encore employé dans les fabriques de papiers peints.

Chromate de chaux. $CaO,CrO^3=Ca''CrO^4$. C'est une poudre d'une couleur jaune-paille, que l'on obtient en décomposant le bi-chromate de soude, par le chlorure de calcium. Il a les mêmes usages que le précédent, mais son principal emploi est souvent de servir à falsifier le chromate de plomb vendu bon marché. En dissolvant ce sel dans l'acide azotique, et traitant par le carbonate de soude, on obtient un sel double

$$(CaO,CO^2)(CaO,CrO^3)^2$$

qui est anhydre et d'un beau jaune soufre, très brillant.

Chromate de sesquioxyde de chrome. $3(Cr^2O^3),2(CrO^3)+9(H^2O)$. C'est une poudre d'un jaune-brun, que l'on prépare en précipitant une solution d'alun de chrome, par une solution de chromate neutre de potasse.

En 1874, M. Gros-Renaud a conseillé l'emploi, pour l'obtention des nuances puces, du chromate de sesquioxyde de chrome (*Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, p. 56). On obtient directement la solution du sel, en traitant le bi-chromate de potasse dissous dans l'eau, par son poids d'acide azotique. Il se produit un liquide jaune-brun qui contient le chromate de sexquioxyde formé par la décomposition d'une partie du bi-chromate. Pour l'impression, on épaissit la couleur avec l'amidon grillé, on imprime, puis on lave à l'eau ammoniacale à 1/10e, pendant une à deux minutes. On teint ensuite comme d'ordinaire, avec des solutions de bois, d'extrait, d'alizarine, etc.

Chromate d'étain (Proto-). $SnO,CrO^3=SnCrO^4$. Poudre d'un jaune-brun devenant violette par la calcination. On l'obtient en précipitant du chromate neutre de potasse, par du protochlorure d'étain. Il sert dans la peinture sur verre ou sur porcelaine, pour obtenir des nuances qui varient depuis le rose clair jusqu'au violet foncé.

Chromate de fer. Syn. : *chromate de peroxyde basique.* $Fe^2O^3, (CrO^3)^3 = Fe^2O^3, 4(CrO^3)$. C'est une poudre jaune-rouge, soluble dans l'eau, mais jamais complètement neutre. On le prépare en chauffant une solution neutre de perchlorure de fer, mélangée avec du chromate de potasse. Il se sépare un précipité jaune-feu, que l'on lave et dessèche avec soin. Il a été recommandé récemment (1872) par M. V. Kletzinky, sous le nom de *sidérine*, comme couleur jaune inaltérable à la lumière, pour la peinture à l'huile et à la colle, et pour colorer le verre soluble.

Chromate de protoxyde de mercure. $4(Hg^2O), 3(CrO^3) = Hg^2CrO^4$. Ce produit, étudié par Godon et Gmélin, est en poudre jaune-orange et insoluble dans l'eau. Chauffé avec un peu d'acide azotique, il donne des cristaux rouges et neutres, qui répondent à la formule Hg^2O, CrO^3. On le produit en mélangeant une dissolution de chromate neutre de potasse avec une d'azotate de protoxyde de mercure. Ce sel est employé par les décorateurs sur porcelaine pour préparer l'oxyde de chrome ; on calcine, l'acide chromique perd moitié de son oxygène, et le protoxyde de mercure est réduit en mercure métallique qui se volatilise. Il ne reste que l'oxyde de chrome.

Chromate de bioxyde de mercure tribasique. $HgO, 2(CrO^3) = 3(HgO)Cr^2O^3$. Il est de couleur rouge-brique foncée, tirant parfois sur le violet. On le désigne aussi sous le nom de *rouge pourpre*. Il se prépare en traitant le chromate neutre de potasse, par le bi-chlorure de mercure. Il est employé par les peintres en miniature, et pour la peinture des décors de théâtre, qui ne subissent pas l'action de la lumière solaire.

Chromate de plomb. Il y a trois combinaisons différentes de l'oxyde de plomb avec l'acide chromique : un chromate neutre (jaune de chrome), un chromate basique (rouge de chrome), un mélange de ces deux sels (orange de chrome).

1° *Chromate neutre de plomb.* Syn. : *jaune de chrome.* $PbO, CrO^3 = PbCrO^4$. Ce corps est en poudre jaune, plus ou moins foncée comme couleur ; le commerce le livre souvent en petits pains cubiques, en masses ou en trochisques. Il est insoluble dans l'eau, à peine dans les acides ; soluble dans la potasse. Il est facilement réduit par le charbon ou les matières organiques.

Etat naturel. On trouve le plomb chromaté à l'état natif, à Beresowsk, en Sibérie, et au Brésil, il porte le nom de *Crocoïse*. Il est en cristaux allongés, de forme prismatique, rhomboïdaux et obliques, translucides et de couleur rouge-hyacinthe, répondant à la formule PbO, CrO^3 : ils sont souvent mélangés d'un autre chromate de plomb, la *Phœnicite* (Pb^3O, Cr^2O^3), qui est de couleur rouge-cochenille. La *Vauquelinite* se trouve encore dans les mêmes endroits ; c'est un chromate cuprifère, d'un vert-olive, qui a pour formule $(PbO, CuO)^3, Cr^2O^3$, et est souvent en masses mamelonnées et compactes. La *Laxmannite* ne diffère du dernier, que par 8 0/0 d'acide phosphorique en plus.

Préparation : 1° Précipiter le chromate neutre de potasse, par une solution d'acétate, d'azotate, ou de chlorure de plomb. On opère toujours sur des liqueurs étendues. La couleur du précipité varie d'ailleurs avec la neutralité des sels employés, et la température à laquelle s'opère le dépôt. Le chromate est d'autant plus rouge qu'il y a plus d'oxyde de plomb. Ce sont ces motifs qui font que l'on trouve dans le commerce des chromates de plomb de nuances si différentes ; 2° avec le sulfate de plomb que l'on a comme résidu dans les fabriques d'indiennes, dans un grand nombre d'opérations. (Ce produit est souvent désigné dans l'industrie sous le nom de *céruse de Mulhouse.)* On le met à digérer avec une dissolution chaude de chromate neutre de potasse. On obtient encore des nuances variables, suivant la plus ou moins grande quantité de sel de plomb en présence (Liebig). 3° Faire digérer 100 parties de chlorure de plomb nouvellement précipité, avec une solution de 47 parties de bichromate de potasse (Anthon). Le sel ainsi obtenu est d'une couleur très vive.

Usages. C'est en 1818, que le chromate de plomb a été employé industriellement pour la première fois, à Rixheim (Alsace), dans la fabrique de papiers peints de M. Zuber ; en 1819, M. Lassaigne, à Paris, l'appliqua aux tissus ; MM. Kœchlin frères firent avec ce produit, en 1820, plusieurs nuances jaunes nouvelles, telles que le *jaune Aladin*. Il sert encore dans les fabriques d'indienne, pour ronger et enlever les couleurs ; pour préparer certains composés contenant l'oxyde de chrome, seul ou mêlé à l'acide arsenique, servant à obtenir des couleurs gris-vert ; puis pour faire les *couleurs* foncées, dites *de conversion* (inventées par Leykauf, en 1832) à cause de la propriété qu'il possède de fixer, et de rehausser le ton de plusieurs couleurs jaunes ou rouges. La peinture à la colle, ou à l'huile, l'emploie seul, pour donner des tons jaunes, ou pour faire du vert, par son mélange avec du bleu. Il sert aussi pour la décoration des faïences, ou de quelques autres poteries.

Dans les analyses organiques, on l'emploie, comme l'oxyde de cuivre, pour brûler le charbon, grâce à l'oxygène qu'il dégage par la calcination.

On désigne sous le nom de *jaune de Cologne* un mélange intime de chromate de plomb (25 parties), sulfate de plomb (15 parties), et plâtre (60 parties). Cette couleur qui a beauconp d'éclat et de solidité, s'obtient en délayant le plâtre dans une solution de chromate de potasse, et précipitant par l'acétate de plomb.

Le chromate de plomb n'est pas sans dangers. C'est lui qui donne la couleur aux toiles qui enveloppent les jambons de Cincinnati, lesquelles ont occasionné grand nombre d'empoisonnements saturnins ; les mèches pour briquets de fumeurs, s'enflamment facilement, grâce à la présence dans la fibre, de chromate de plomb ; elles ont, comme la peinture faite avec ce corps, provoqué très souvent des coliques saturnines.

2° *Chromate de plomb basique.* Syn : *rouge de chrome, vermillon autrichien.*

$$(PbO)^2, CrO^3 = PbCrO^4, Pb(OH)^2.$$

Il est beaucoup plus rouge que le précédent.

Préparation. 1° Enlever au chromate neutre, la moitié de son acide chromique, à l'aide de la potasse, ou encore fondre ce sel avec du salpêtre. Il se forme du chromate de potasse, et le sel de plomb basique. 2° Fondre au rouge sombre du nitrate de potasse ou mieux un mélange d'azotate de potasse et de soude à parties égales, et y introduire par petites portions du chromate neutre de plomb. On épuise la masse par l'eau ; après refroidissement, et après avoir bien lavé, on dessèche le rouge de chrome (Liebig et Wöhler). Ainsi préparé, ce corps est en petits cristaux très brillants, d'un rouge vermillon. 3° Précipiter l'acétate de plomb, par une solution de chromate de potasse, contenant un peu de soude caustique (Dulong). 4° Exposer à l'action ménagée de l'acide carbonique, une dissolution d'oxyde et de chromate de plomb dans la potasse.

D'après Wagner, le rouge de chrome est d'autant plus foncé que les cristaux sont plus gros ; lorsque l'on veut l'avoir plus clair, il faut donc troubler la cristallisation par l'agitation.

Usages. Les mêmes que le chromate neutre de plomb, comme matière colorante.

3° *Chromate bibasique de plomb*. Syn. : *orange de chrome*, *pâte orange*, *sous-chromate de plomb* $CrO^3,2(PbO)$. C'est un mélange des chromates précédents.

Préparation. 1° On précipite l'acétate basique de plomb avec du chromate de potasse, et fait bouillir le précipité obtenu avec un lait de chaux.

2° On traite le chromate neutre, par une quantité de soude telle que l'on ne puisse pas obtenir par cet alcali du rouge de chrome.

3° On mélange 100 parties de jaune de chrome avec 53 parties de carbonate de potasse, et y ajoute 12 à 18 parties de chaux caustique délayée dans l'eau. Il se forme un chromate de chaux qui reste en solution dans la liqueur ; on lave le précipité et le sèche, puis on calcine jusqu'à ce que la masse ait une couleur écarlate (Anthon). Le *jaune de chrome jonquille* de Winterfeld, est du sous-chromate non calciné. Il est hydraté, et souvent mélangé de carbonate de plomb. Il est employé comme l'orange en peinture. Le *cinabre vert* est un mélange d'orange de chrome et de bleu de Prusse, nouvellement précipités. Il sert dans la peinture à l'huile.

Chromate neutre de potasse. Syn. : *chromate jaune*. $KO,CrO^3 = K^2CrO^4 = \begin{matrix}CrO^2\\K^2\end{matrix}\Big|O^2$.

Il cristallise en prismes droits rhomboïdaux, inaltérables à l'air, anhydres, transparents, amers et de saveur désagréable ; il est alcalin et vénéneux. Ses cristaux sont transparents, de teinte jaune-citron devenant rouge par la chaleur, et reprenant leur nuance par refroidissement. Il se dissout dans l'eau (48 0/0 à 15°), surtout par la chaleur, et colore celle-ci à très faible dose (1/40,000) ; il est insoluble dans l'alcool. En présence des acides énergiques, il se transforme en bichromate. Il est indécomposable par la chaleur et fond au rouge. Le chlore le décompose au rouge, en chlorure de potassium, et en sesquioxyde de chrome, mais si on fait passer le gaz dans ces conditions, sur le chromate mélangé de charbon, on forme du sesquichlorure de chrome Cr^2Cl^3, et un chlorure double de potassium et de chrome.

Préparation. Ce corps s'obtient en fondant sur la sole d'un four à reverbère du *fer chromé* (3 parties), réduit en poudre fine, et lévigué, avec du salpêtre (1 partie) et quelquefois un peu de carbonate de potasse. Par l'action de l'oxygène fourni par le salpêtre, le protoxyde de fer et le sesquioxyde de chrome sont peroxydés. Il se forme de l'acide chromique. On broie la masse, et on la traite par l'eau à l'ébullition. La liqueur contient du chromate de potasse, des silicate et aluminate de même base, ainsi que le carbonate de potasse, non décomposé. On ajoute alors à la solution un acide faible, tel que du vinaigre de bois, de l'acide sulfurique ou de l'acide azotique étendus ; le carbonate se décompose, l'alumine et la silice se précipitent. On décante et évapore à pellicule. On obtient ainsi des cristaux de bichromate de potasse qui, saturés par le carbonate de la même base, donnent du chromate neutre que l'on obtient, par refroidissement, en gros cristaux (Vauquelin).

2° En chauffant du fer chromé avec de la craie, sous l'influence de la flamme oxydante. Il se forme du chromate de chaux, que l'on délaie dans l'eau, et on mêle avec un léger excès d'acide sulfurique faible. Le chromate de chaux avec du carbonate de potasse, se transforme en chromate de potasse. On filtre, on décante et évapore. Ce procédé, dû à Allain (1846), a été modifié par Jacquelain, qui ajoute de la potasse à la craie, au moment de l'opération ; l'oxydation de minerai étant plus complète, le rendement est supérieur. C'est par ce procédé que se fabrique ce sel ; bien qu'en 1854, MM. Delacrétaz aient encore proposé une méthode différente : le traitement du minerai par un mélange de sel de soude et de chaux vive.

Usages. Employé dans les fabriques de toiles peintes.

Chromate de potasse (Bi-).

$$KO,2(CrO^3) = K^2Cr^2O7.$$

Syn. : *chromate rouge*. Il cristallise en prismes ou en tables rectangulaires, de couleur aurore ; sa saveur est amère et métallique ; il est anhydre et inaltérable à l'air. Il se dissout dans 10 parties d'eau froide et plus à chaud, et donne une solution acide ; il est insoluble dans l'alcool. Chauffé fortement, il dégage de l'oxygène, et laisse un résidu de sesquioxyde, et de chromate neutre de potasse :

$$2[KO,2(CrO^3)] = 2(KO,CrO^3) + Cr^2O^3 + O.$$

Les corps avides d'oxygène, comme le soufre, le charbon, les acides arsenieux, sulfureux ou sulfhydrique, les matières colorantes, ou organiques, le décomposent facilement. Il se combine au sulfate de potasse pour former un sel double, en cristaux rouge-clair.

Préparation. 1° En traitant le chromate neutre par un acide énergique, et de préférence l'acide azotique, parce que le salpêtre formé reste facilement en solution, et ne cristallise pas avec le bichromate. 2° En se servant du procédé décrit par

Allain, Stromeyer, Jacquelain et Delacrétaz (V. CHROMATE NEUTRE). 3° En chauffant au rouge, dans un fourneau à réverbère, pendant 18 à 20 heures du fer chromé pulvérisé, mélangé de 2 parties de chaux et de 2 parties de sulfate de potasse (Tilghmann); — ou 1 partie de fer chromé, avec 4 parties de feldspath pulvérisé, et 4 parties de chaux (Tilghmann). 4° En chauffant un mélange de fer chromé pulvérisé, et de chlorure de potassium, ou de sodium, à parties égales, dans un fourneau à réverbère, jusqu'au rouge blanc, en ayant soin pendant tout le temps de l'opération, d'amener à la surface de la masse, un courant de vapeur d'eau surchauffée. Il se produit, suivant le chlorure employé, du chromate de soude ou de potasse.

La masse pâteuse obtenue par ces différents procédés est verdâtre ; on la laisse refroidir, puis on l'épuise par l'eau. Les liqueurs sont concentrées dans des chaudières en tôle, situées dans le voisinage du four, et disposées en gradins. La plus rapprochée étant la plus chaude reçoit les liquides de lavages ; ils s'y concentrent et passent successivement dans les chaudières inférieures, jusqu'à ce que la liqueur marque 32° Baumé. On finit la concentration dans des chaudières en plomb chauffées par la vapeur. Les solutions à 36° Baumé sont alors introduites dans des cristallisoirs en bois, doublé de plomb, et transformés en bi-chromate en y ajoutant, par petites parties, 6 0/0 d'acide sulfurique ordinaire. Pour avoir de beaux cristaux, il est nécessaire de maintenir les liqueurs chaudes le plus longtemps possible ; c'est ce que l'on obtient, en enveloppant de toiles épaisses, les bacs à cristallisation.

Dans ces derniers temps, on a perfectionné la fabrication du bi-chromate, en remplaçant le salpêtre par le carbonate de potasse, et se servant de fourneaux qui permettent à l'air atmosphérique d'arriver en contact avec le mélange, et d'oxyder directement le fer chromé. L'addition de chaux est économique, car elle permet d'employer moins d'alcali, et facilite l'oxydation, en donnant une masse plus facile à brasser.

Usages. Le bi-chromate de potasse sert à préparer presque tous les autres chromates. Dans l'industrie des toiles peintes, il est considérablement employé, non seulement pour produire des jaunes et oranges de chrome par impression, mais aussi, pour faire les noirs de chrome avec le campêche ; pour oxyder le cachou, le bleu de Prusse, faire des enlevages en blanc sur fond bleu. Il sert dans la teinture en jaune. Il est employé pour blanchir certains corps gras, comme l'huile de palme ; pour préparer des amorces, ou la pâte de quelques variétés d'allumettes ; pour obtenir l'oxyde de chrome servant dans la décoration des porcelaines, des faïences, des vitraux, ou verres colorés ; pour faire le vert Guignet.

L'industrie des couleurs d'aniline, l'utilise pour obtenir les violets et verts d'aniline. C'est avec le bi-chromate de potasse que l'on prépare l'alizarine artificielle.

Nous avons montré que l'on peut obtenir avec ce sel, et du chlore et de l'oxygène (1842, Balmain), suivant que l'on emploie de l'acide chlorhydrique ou de l'acide sulfurique. L'alcool de pomme de terre doit être agité avec une solution de bi-chromate de potasse, pour pouvoir être vendu comme eau-de-vie. Le vinaigre de bois est également purifié par le même procédé.

Mélangé avec la gélatine ou la colle-forte (2 0/0), il rend complètement imperméables les tissus sur lesquels on applique sa solution. C'est au moyen de ce procédé que les Japonais préparent leurs parapluies en papier. La gélatine chromatée est employée en photographie ; elle est la base du procédé dit *au charbon*.

L'emploi de grandes quantités de bi-chromate n'est pas sans inconvénient. Chez les ouvriers teinturiers ou indienneurs, il provoque souvent quelques affections spéciales, comme des ulcérations douloureuses des mains ; les poussières de bi-chromate de potasse se fixant sur les cartilages du nez, amènent fréquemment la perforation et même la destruction complète de la cloison nasale, sans occasionner pour cela de déformation extérieure de l'organe.

— Il se fabrique annuellement 10,000,000 à 12,500,000 kilogrammes de bichromate de potasse, dans les fabriques qui existent en Europe ; il y en a quatre en Ecosse, à Glascow celles de M. Norris, la Eglington chimical Co, celle de MM. Stevenson, Carlile et Co, et celle de MM. John et James White, une à Drontheim (Norwège) une dans l'Oural, à Kasan et une à Elberfeld (Prusse Rhénane). Le bi-chromate vaut 148 francs le 0/0 actuellement.

Chromates de soude. Ces sels sont absolument analogues aux sels correspondants, à base de potasse ; ils se préparent de la même manière, mais ont le grave inconvénient d'être déliquescents. Le *chromate neutre* : $NaO, CrO^3 = Na^2CrO^4$, a dix équivalents d'eau ; il fond par la chaleur de la main à 30°, et donne alors des cristaux anhydres. Le *bi-chromate* : $NaO, 2(CrO^3) = Na^2Cr^2O^7$, est en prismes hexagonaux minces, de couleur hyacinthe.

Ils servent aux mêmes usages que les sels de potasse.

Chromate de zinc neutre.

$$ZnO, CrO^3, 7(HO) = ZnCrO^4, 7(H^2O).$$

Il a une belle couleur jaune, est insoluble dans l'eau, dans laquelle il cristallise avec fixation de 7 équivalents d'eau, que la chaleur lui fait perdre. Il se dissout dans l'ammoniaque.

PRÉPARATION. 1° Saturer le carbonate de zinc par l'acide chromique.

2° Précipiter le sulfate de zinc, par le chromate neutre de potasse. Les flocons jaune-orange qui se précipitent, cristallisent au bout de quelque temps, en prenant une nuance plus claire (Wöhler). On obtient un *chromate quadribasique*

$$(ZnO)^4CrO^3, 5(HO),$$

en faisant bouillir le chromate neutre avec un excès de carbonate de zinc. Il est en poudre jaune cristalline, et décomposable par l'eau.

Usages. Employé dans l'impression des indiennes, à cause de sa solubilité facile dans l'ammoniaque ; ce qui, après la volatilisation de cette

base, le dépose sous forme de poudre très fine, insoluble. C'est le *jaune bouton d'or,* que MM. Leclaire et Barruel ont recommandé comme noircissant moins vite à l'air que le jaune de chrome. Il s'emploie en peinture, seul ou mélangé avec des couleurs bleues. Le *jaune de zinc* est un chromate basique, qui a pour formule

$$ZnCrO^4 + Zn(OH)^2$$ J. C.

* **CHROMATER**, *T. d'impr. s. ét.* On dit aussi *Chromer*. Opération de teinture par laquelle on passe dans un bain de bichromate de potassium des pièces sur lesquelles est matté ou imprimé une couleur contenant une matière colorante végétale. Ce passage précipite sur la fibre une laque colorée formée par la combinaison de la matière colorante avec l'oxyde de chrome provenant de la réduction du bichromate. Les substances qui se fixent le plus facilement et qui, du reste, sont très employées, sont les bois tels que le campêche, le lima, le quercitron, le fustet, — le cachou — la noix de Galles, etc. Quelquefois on ajoute à la couleur un sel, ce qui modifie la nuance.

Certains praticiens ajoutent à la cuve soit du carbonate de soude; dans ce cas, il y a une modification dans la couleur obtenue; soit du chlorure de sodium. Le sel n'a d'autre effet que d'augmenter la densité du bain et par conséquent d'empêcher la dissolution des épaississants.

Le bain de chromatage généralement employé, contient 30 à 40 grammes par litre de bichromate de potasse. On chauffe de 40° à 50° Réaumur et l'étoffe doit séjourner environ 2 minutes dans le bain. — L'expérience a montré qu'à une température plus basse, le blanc était un peu meilleur mais que l'action du chrome était moindre, tandis qu'au-dessus de 50° l'action est très énergique mais le blanc d'autant plus difficile à rétablir.

Quant une cuve a travaillé un certain temps, il faut l'alimenter avec du bain frais; autrement les nuances passent toutes trop au bleu, tandis qu'une cuve *neuve* non préparée donne des nuances trop jaunes. Pour rendre une cuve fraîchement montée propre à l'emploi, il suffit d'y verser 1/500 à 1/600 de campêche à 20° Baumé et d'y passer quelques pièces de doubliers. — Ce petit tour de main vieillit immédiatement la cuve.

On reconnaît qu'une étoffe a été chromatée en l'incinérant; les cendres contiennent de l'oxyde de chrome, aussi bien les parties blanches que les parties imprimées.

Chromater (Cuve a). La cuve à chromater se compose de deux cuves rectangulaires en bois d'une contenance d'environ 600 à 800 litres chaque. Dans la première on met le bain de chrome, dans la seconde vient plonger un tuyau d'eau qui amène constamment de l'eau fraîche, tandis que l'eau vanne s'écoule dans la partie supérieure par un trop plein. Chaque cuve est garnie dans le haut et dans le bas d'une série de roulettes plongeant dans les liquides.

A la sortie de la cuve n° 1 est un foulard à exprimer au-dessous duquel est encore une planche inclinée servant à faire rentrer dans la cuve le bain de chrome provenant des rouleaux exprimeurs. La seconde cuve est analogue à la première et ne sert qu'à laver l'étoffe. A la sortie est une plieuse mécanique. Au fond de la cuve n° 1 il y a un tuyau de vapeur permettant de chauffer le bain.

Ces deux cuves sont agencées de façon à ce qu'elles aient la même vitesse, vitesse telle qu'un mètre de tissu doit séjourner dans le bain pendant 2 minutes.

* **CHROMATIQUE.** *T. de phys.* Ce mot s'emploie pour désigner cette partie de l'optique qui comprend la dispersion, la décomposition, la recomposition de la lumière, les raies spectrales, la théorie des *couleurs*, les propriétés particulières des rayons colorés et l'*achromatisme*. La chromatique a été créée par Newton; elle a son point de départ dans l'étude de la décomposition de la lumière par le moyen du prisme. Newton a reconnu le premier que la lumière blanche du soleil est composée de rayons *simples* (il en distingua sept principaux dans l'ordre suivant; rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet) qui se séparent au sortir du prisme, par suite de leur inégale réfrangibilité et constituent ce qu'on nomme le *spectre solaire*. Ces couleurs, plus ou moins étalées, suivant la nature et l'angle du prisme réfringent, ne sont plus décomposables, elles sont *monochromatiques*.

Cercle chromatique. M. Chevreul, pour classer méthodiquement et pour fixer avec précision les nuances des objets naturels, a d'abord fait choix de couleurs types, prises dans certaines parties déterminées du spectre solaire; puis sur un cercle divisé en 72 secteurs, il a placé les trois couleurs principales : le rouge, le jaune et le bleu, à des distances égales entre elles; et, entre ces trois couleurs il a mis celles qui résultent de leur mélange deux à deux : l'orangé entre le rouge et le jaune, le vert entre le jaune et le bleu, le violet entre le bleu et le rouge. Entre ces six couleurs équidistantes il a placé les nuances intermédiaires et ainsi de suite, jusqu'à ce que les 72 secteurs fussent remplis de teintes passant graduellement des unes aux autres. Ce sont là ce que M. Chevreul nomme les *couleurs franches*. Les 72 secteurs sont ensuite partagés en 20 cases rectangulaires par 20 circonférences concentriques. On affaiblit alors les nuances des 20 cases d'un même secteur, par l'addition successive de 1/10, 2/10, 10/10 de blanc: puis, en sens inverse, en ajoutant 1/10, 2/10, 10/10 de noir jusqu'au cercle extérieur qui est noir.

Le cercle *chromatique* se trouve donc formé de 20 fois 72 nuances, ou *gammes*, chacune d'elles comprenant 10 fois autant de couleurs *rabattues*, ce qui fait en tout 14,400 *tons*, depuis le blanc jusqu'au noir.

CHROME. *T. de chim.* Corps simple, $Cr = 26{,}2$ ou $Cr'' = 52{,}4$, découvert en 1797, par Vauquelin, dans le *plomb rouge* ou *Crocoïse*, puis, quelque temps après, dans le *fer chromé*.

Propriétés. C'est un métal de couleur gris-acier, assez dur pour rayer le verre; sa densité est de 6, et de 6,8 quand il est fondu; il est magnétique, mais seulement à — 20°. Il n'est pas

oxydable à l'air, et à la température ordinaire; il ne décompose pas l'eau à froid; lorsqu'on le chauffe au rouge, il fournit du sesquioxyde de chrome vert. Il est inattaquable à froid, par les acides, même les plus énergiques, l'acide chlorhydrique excepté; il est au contraire dissous facilement par les alcalis, surtout en présence des matières organiques. Chauffé avec le chlore, il brûle, et se transforme en chlorure de sesquioxyde, en paillettes violettes, lorsque le chlore est en excès.

Préparation : 1° On introduit dans un creuset en terre, brasqué, un mélange intime de charbon et d'oxyde de chrome. On lute le couvercle, et l'on chauffe fortement dans un fourneau à réverbère. On obtient ainsi du chrome carburé et légèrement siliceux (Vauquelin); 2° on prépare le chrome pur, et amorphe, en réduisant l'oxyde de chrome pur, par le poids, juste nécessaire, en équivalents, de charbon de sucre. L'opération se doit faire, d'après H. Sainte-Claire-Deville, dans un petit creuset en chaux, muni d'un couvercle, et placé lui-même dans un cylindre de même matière et également protégé par un couvercle. Ces appareils étant placés dans un fourneau rempli de charbon, et posés sur une forge portative, on maintient pendant une heure la température aussi élevée que possible; 3° on l'obtient cristallisé, en mettant dans un creuset 1 partie de sesquichlorure de chrome, 2 parties de chlorure double de potassium et de sodium, à parties égales, et 2 parties de zinc en grenailles. On recouvre le tout par une couche de chlorures, et l'on fond la masse en chauffant jusqu'à ce qu'il se dégage des vapeurs de zinc. On continue encore l'action du feu pendant dix minutes, puis on laisse refroidir, et on enlève le culot en brisant le creuset. En traitant le résidu par l'acide azotique, on dissout le zinc, et obtient les cristaux de chrome (Wöhler). — On peut encore l'avoir cristallisé en réduisant de la même manière du chromate de plomb, et reprenant le résidu par l'acide azotique (A. Debray), ou en réduisant par la pile, sur une lame de platine, une solution de chlorure de chrome (Bunsen).

Usages. Le chrome seul n'a pas d'applications, mais depuis 1869, on s'en sert en métallurgie, pour faire des aciers à grain très fin, très homogènes et très tenaces, susceptibles de prendre un beau damassé par l'acide sulfurique. Il existe à New-York, à Sheffield, à Dannemora, des usines où l'on fait ces aciers chromés. D'après Boussingault, le chrome seul n'acière pas le fer, il faut toujours avec les 2 à 4 0/0 de chrome, de 12 à 14 0/0 de carbone.

Parmi les composés de chrome que l'industrie emploie, nous citerons les suivants :

Le **sesquioxyde de chrome.** Cr^2O^3. Il est anhydre ou hydraté.

(*a*) *Anhydre*, c'est un corps pulvérulent, de couleur verte foncée, insoluble dans l'eau, dans les acides, les alcalis; indécomposable par la chaleur, réductible par le charbon, mais non par l'hydrogène. Sous l'influence d'une haute température, le sulfure de carbone le transforme en sulfure de chrome.

Préparation. 1° Chauffer au rouge, dans un creuset de platine, du chromate de protoxyde de mercure

$$2(Hg^2CrO^4)=Cr^2O^3+O^5+Hg^4$$
$$\text{ou } Hg^2O,Cr^2O^3=Cr^2O^3+O^5+Hg^4$$

2° chauffer au rouge parties égales de chromate de potasse et de soufre, puis épuiser par l'eau (Lassaigne) :

$$2(KCrO^4)+S^2=KS+KSO^4+Cr^2O^3$$
$$\text{ou } 2(KO,CrO^3)+S^2=KS+KO,SO^3+Cr^2O^3$$

3° calciner du chromate neutre de potasse avec du sel ammoniac et lessiver à l'eau (Wœhler) — ou du bichromate avec du charbon ou de l'amidon, enlevant par l'eau le carbonate de potasse formé, et calcinant une deuxième fois, dans le second procédé, pour détruire le charbon; 4° chauffer au rouge 1 partie de bichromate et 3 parties de plâtre cuit :

$$2(KO,2CrO^3)+2(CaO,SO^3)=$$
$$2(Cr^2O^3)+2(KO,SO^3)+2CaO+O^6.$$

5° pour l'avoir cristallisé, on fait passer un courant de chlore sur du chromate neutre de potasse, porté au rouge; une température trop élevée le donne noir.

Usages: Très employé dans la peinture sur porcelaine; pour colorer les poteries, les matières vitreuses, faire des émaux.

(*b*) *Hydraté* $(Cr^2O^3)^2,3(HO)=Cr^4H^6O^9$: il se présente tantôt avec une coloration verte, tantôt avec une teinte variant du rouge au violet, ce qui doit tenir à des états isomériques différents (Berzélius, Frémy); car, après calcination, ces oxydes donnent un même produit. On les obtient en précipitant par la potasse, ou l'ammoniaque, des sels verts ou violets de chrome.

Oxyde avec acide borique. Syn: *Vert Guignet, vert Pannetier, vert de chrome, vert émeraude.* Ce produit, préparé d'abord par Pannetier, valut 120 francs le kilogramme, jusqu'en 1859, époque à laquelle, Guignet, de Lyon, le prépara industriellement. Il est d'un beau vert, non vénéneux, insoluble dans les alcalis, inattaquable par les acides à froid, un peu soluble cependant dans l'acide chlorhydrique, et transformé à l'ébullition, par l'acide sulfurique, en sulfate insoluble.

Préparation. Chauffer dans des fours spéciaux 3 parties d'acide borique et 1 partie de bichromate de potasse; la masse se boursoufle par suite de l'oxygène qui se dégage. La réaction terminée, on enlève des fours, et reprend par l'eau bouillante, laquelle décompose le borate double formé, et donne du borate acide de potasse soluble, et l'oxyde de chrome hydraté. On lave à grande eau, pour enlever tout le composé borique, qui sera décomposé à son tour pour servir dans une autre opération.

Le vert Guignet est fabriqué en grand à Thann, chez M. Ch. Kestner, et, bien que l'acide borique ne serve à rien, dans ce produit, il a été fait des analyses qui en signalaient jusqu'à 11,71 0/0 dans sa composition. Le vert en pâte pour indienneurs, vaut 7 à 8 francs le kilogramme, à 30 0/0 d'oxyde

de chrome; le vert sec, pour peinture, 20 francs le kilogramme.

Usages. Sert dans les fabriques d'indiennes et de papiers peints; en peinture, comme succédané des verts de cuivre arsenicaux, qu'il égale en beauté et en solidité, et surpasse par son innocuité. Mêlé à l'acide picrique, il est employé sous le nom de *vert nature* par les fabricants de fleurs artificielles.

Oxydes de chrome alumineux. On en emploie deux: le *vert d'herbe*, de Salvetat, qui se fait en mêlant de l'oxyde de chrome à de l'alumine hydratée et calcinant; et le *vert turquoise* du même chimiste, qui contient 20 parties d'oxyde de chrome, 30 parties de carbonate de cobalt, et 40 parties d'alumine hydratée. On calcine, puis lave, et broie en poudre fine.

Acide chromique. CrO^3. Il est en cristaux rouges, inodores, laissant dans la bouche une saveur styptique. Il noircit par la chaleur, fond à 300°, et se décompose au delà, en donnant de l'oxygène et de l'oxyde vert de chrome. Il est soluble dans l'eau, dans l'alcool faible, qu'il finit par altérer; avec l'alcool absolu, il y a réaction si vive, que l'alcool s'enflamme, s'il est en petite quantité. Le gaz ammoniaque produit une réaction analogue. Les hydracides le décomposent, l'acide sulfureux le transforme en sulfate de sesquioxyde.

Préparation. (V. Acides.) Lorsqu'on l'a préparé avec l'acide sulfurique, et que l'on veut l'avoir pur, il faut enlever cet acide, et le bisulfate de potasse formé. Pour cela, on le dissout dans l'eau, et sature par du chromate de baryte, en versant celui-ci goutte à goutte, jusqu'à ce que tout l'acide sulfurique soit précipité. On filtre, concentre à consistance sirupeuse, et fait cristalliser (Warengton). On peut encore le préparer en faisant digérer pendant 12 heures du chromate de plomb pur, avec deux fois son poids d'acide sulfurique pur et concentré. On agite la masse avec de l'eau pour séparer le sulfate de plomb formé; on décante, et concentre les liqueurs, comme dans le premier procédé.

Usages. Il a été proposé comme agent de conservation (Jacobson). C'est le réactif de l'eau oxygénée. En contact avec ce liquide, il se transforme en acide perchromique Cr^2O^7 (Barreswill) qui donne à la liqueur une belle couleur bleue, soluble dans l'éther. Il sert pour teindre la laine et la soie en jaune (Jacquemin); à froid et en quelques minutes pour les nuances paille, en un temps plus long, et une température de 60°, pour les tons plus foncés. Ce procédé de teinture est également employé pour reconnaître si des tissus sont mélangés de fibres végétales, car ces dernières ne prennent pas la couleur jaune. On se sert encore de cet acide en teinture, pour préparer la fibre à prendre une nouvelle nuance, comme avec la garance, l'orseille, les bois rouges, quelques couleurs d'aniline.

Chlorure de chrome. — V. Chlorure.

Phosphate de chrome (Méta-). Syn.: *vert d'Arnaudon.* Il est pulvérulent, de couleur vert-tendre. On l'obtient en mélangeant 120 parties de phosphate d'ammoniaque et 149 parties de bichromate de potasse, dissous dans une petite quantité d'eau. On évapore l'eau, puis chauffe à 180°. On reprend ensuite par l'eau, pour séparer la partie insoluble. On sèche et pulvérise.

Le *vert Dingler* est un mélange de phosphate de chrome et de chaux.

Le *vert Mathieu-Plessy* est préparé en dissolvant 1 partie de bichromate de potasse dans 10 litres d'eau bouillante, et ajoutant 3 litres de biphosphate de chaux et 1k,500 de cassonnade. La réaction est assez vive; il y a dégagement de gaz, et dépôt d'une poudre verte, qu'on lave jusqu'à ce que l'eau soit neutre.

Sulfate double de chrome et de potasse. Syn.: *alun de chrome.* Il existe de ces aluns dans lesquels le sulfate de chrome est uni au sulfate de soude ou d'ammoniaque; mais le plus important est celui à base de potasse. Sa formule est

$$KO,SO^3+Cr^2O^3,3(SO^3)+24(HO)=K^2Cr^24(SO^4)+24(H^2O).$$

C'est une combinaison à base d'oxyde de chrome violet; il est en cristaux octaédriques, de couleur

	Sels de protoxyde	Sels de sesquioxyde
Par la potasse	Précipité brun (de Cr^3O^4), avec dégagement d'hydrogène.	Vert, soluble dans un excès de réactif, et reprécipitable à l'ébullition.
Par l'ammoniaque	Précipité blanc-verdâtre.	Gris-vert, soluble à la longue dans un excès de réactif.
Par les sulfures alcalins	Précipité noir.	Rien.
Par le bichlorure de mercure	Précipités blancs de sous-chlorures de chrome.	Rien.
Par le bichlorure de cuivre		
Par le chlorure d'or	Réduction avec dégagement d'hydrogène.	Rien.
Par le sulfite de potasse	Précipité rouge-brique, devenant bleu-vert à l'air.	Rien.
Par le phosphate de soude	Précipité bleu soluble dans les acides.	Vert, soluble dans un excès.
Par les carbonates alcalins	Précipité brun très altérable.	Vert, soluble dans un excès.
Par le succinate de soude	Précipité rouge-écarlate.	Rien.
Par le cyanoferride de potassium	Précipité jaune-verdâtre.	Rien.
Par le cyanoferrure de potassium	Précipité jaune-verdâtre.	Rien.
Par le sulfhydrate d'ammoniaque	—	Vert, d'hydrate de sesquioxyde.
Par le chromate de potasse	Précipité brun.	Brun.

violet foncé, se transformant à 100° en sel vert incristallisable, perdant 22 équivalents d'eau à 200°, et devenant anhydre entre 300° et 400°. Sa solution est d'un bleu sale à teinte rougeâtre à froid, elle devient verte entre 60° et 80°. Ce sel est insoluble dans l'alcool.

PRÉPARATION. 1° Presque tout l'alun de chrome employé est le résidu de la fabrication de l'alizarine artificielle; on peut encore en obtenir dans la préparation de certaines couleurs d'aniline, mais en quantité insignifiante; 2° on le prépare en dissolvant à chaud 150 parties de bichromate de potasse, dans 1 litre d'eau, et ajoutant 250 grammes d'acide sulfurique; puis, après refroidissement, 60 grammes d'alcool, que l'on verse en plusieurs fois. L'alcool en l'oxydant fait du sesquioxyde de chrome, et après 24 heures, on trouve dans le vase des cristaux d'alun de chrome.

Usages. Il est employé en teinture comme mordant, et il sert à rendre insolubles la gélatine et la gomme. Il est utilisé pour rendre les tissus imperméables et fabriquer aussi le chromate de potasse.

Caractères des sels de chrome. Les sels de protoxyde et de sesquioxyde de chrome se reconnaissent aux caractères indiqués dans le tableau précédent.

Les acides tartrique, oxalique et acétique peuvent empêcher une partie ou la totalité de l'oxyde de chrome de se précipiter. — J. C.

***CHROMER.** — V. CHROMATER.

***CHROMITE.** *T. de chim.* Genre de sel formé par l'acide chromeux Cr^2O^3, corps non stable, dont un seul composé naturel offre quelque intérêt, le

Chromite de fer. Syn. : *sidérochrome, fer chromé.* $FeO, Cr^2O^3 = Cr^2FeO^4$. Il se trouve à l'état cubique, mais le plus fréquemment en masses granulaires; est noir, d'un éclat métallique, et légèrement magnétique. D = 4,45. Il est infusible, insoluble dans les acides, mais attaqué par le flux blanc ou noir. Il se trouve dans différents endroits, surtout à Baltimore; dans le Var; en Silésie; sa valeur dépend de sa richesse en sesquioxyde de chrome. M. J. Cloüet a trouvé les proportions suivantes dans différentes espèces (1869):

Fer chromé de Hongrie.	31 0/0	d'oxyde de chrome
— de France.	37 à 51	
— de Norwège	40	
— de Californie.	42.2	
— de Baltimore.	45	
— de l'Oural	49.5	
— d'Asie mineure. . . .	53	

Usages. Il sert à obtenir les sels de chrome.

***CHROMO.** *T. techn.* C'est à tort qu'on emploie ce mot seul pour désigner une estampe imprimée en couleurs et que, le mettant au substantif masculin on dit : *un chromo.* C'est ainsi que voulant qualifier la profession qui produit cette impression on dit souvent : *le chromo va bien* pour dire que l'impression en couleurs donne beaucoup de travail. De l'atelier cette désignation vicieuse est passée dans le public. Des journalistes même commettent cette faute dans leurs articles. C'est en effet une erreur d'employer seul le mot *chromo* qui ne signifie rien en français. Il dérive du grec *chrôma* qui signifie couleur. Il doit donc être toujours employé avec le mot qui le complète et qui indique par quel procédé cette couleur a été employée. On doit donc dire : *chromolithographie, chromotypographie, chromogravure, photochromie,* etc. Dire en voyant une estampe imprimée en couleurs : *C'est un beau chromo!* c'est commettre une faute que doit éviter un homme instruit et un homme de goût.

***CHROMOCHLORITE.** *T. de minér.* Silicate d'alumine complexe, de la famille des chlorites, qui doit sa coloration verte à du sesquioxyde de chrome; il contient du sesquioxyde de fer, de la magnésie et seulement 0g,20 0/0 d'oxyde de chrome.

***CHROMOCRE.** *T. de minér.* Silicate d'alumine contenant des quantités variables d'oxyde de chrome; il est de coloration verte, et se trouve en certaine abondance dans les montagnes des Ecouchets, près de Creusot, en Silésie.

***CHROMOGRAPHE.** Instrument destiné à reproduire à plusieurs exemplaires des épreuves (lettres ou dessins), tracés avec une encre spéciale, sur un papier quelconque. Il se compose d'une cuvette métallique de grandeur variable et de 15 à 20 millimètres environ de profondeur, remplie avec une pâte molle formée de glycérine, de gélatine blanche et d'eau, et additionnée quelquefois de sulfate de baryte, ou de kaolin, d'oxyde de zinc, d'argile, etc., finement pulvérisé. Cette masse coulée tiède dans la cuvette conserve, lorsqu'elle est refroidie, une consistance molle et cède sous le doigt sans y adhérer. Lorsque l'on veut reproduire une pièce quelconque, on écrit avec l'encre spéciale, et une fois les caractères secs, on applique alors le papier posé du côté de l'écriture sur la pâte, on frotte légèrement avec un linge pour faire adhérer la feuille d'une manière parfaite, puis après deux minutes environ on enlève le papier avec précaution. Cette épreuve renversée étant obtenue, il suffit pour la reproduire d'y appliquer une autre feuille de papier légèrement humide et de frotter doucement partout. Suivant la consistance de la pâte employée on peut obtenir de 20 à 80 épreuves successives. Il suffit de laver cette pâte avec une éponge pour enlever les caractères et pouvoir reproduire autre chose; lorsqu'on oublie d'effacer l'écriture ou le dessin, on chauffe la cuvette sur un feu doux, on fond la pâte et on laisse refroidir après agitation. — V. REPRODUCTION.

***CHROMOGRAVURE.** *T. techn.* Nous employons ici ce mot pour désigner ce que l'on qualifiait autrefois de *gravure en couleur,* de *gravure en tableaux,* de *gravure en aquarelle* ou *en gouache,* etc.

Nous avons réuni sous la dénomination générique de *chromo* en y ajoutant une terminaison spéciale qui indique par quel procédé la couleur se trouve employée, les différents genres d'impressions en couleurs. Comme le fait très bien remarquer M. Perrot, dans son *Manuel du graveur,* de la collection Roret : « Ce qu'on nomme

gravure en couleur n'est pas, à proprement parler, une manière de graver, mais plutôt un procédé particulier d'imprimer plusieurs genres de gravures au moyen desquels on obtient une estampe coloriée, qui a l'apparence d'un tableau, d'une gouache ou d'une aquarelle. »

Cette définition est si exacte que M. Duchesne, aîné l'a reproduite *in extenso* dans son article *Gravure* de l'*Encyclopédie moderne*, éditée par Firmin-Didot, et il a bien fait puisqu'on ne pouvait mieux dire.

— M. Perrot fait aussi remonter à un nommé Lastmann, qu'on surnommait l'*Allemand*, peintre hollandais, qui vivait en 1626, l'honneur de l'invention de la gravure en couleur. M. Léon Vidal le suit dans cette voie dans son *Cours de reproductions industrielles*.

Le traducteur de l'*Art d'imprimer les tableaux* (1756), de Jacques-Christophe Leblond, parle aussi de l'*Allemand* comme ayant imprimé en couleurs des gravures au trait et au pointillé qu'il faisait passer plusieurs fois sous la presse. M. Georges Duplessis nous signale les impressions en couleur monochrome de Jean-Charles François, de Gilles Demarteau, de Bonnet, etc. qui imitaient, à l'aide de la manière au crayon, les dessins de maîtres à la sanguine et à la pierre noire.

Mais tous ces genres diffèrent de ce que M. Vidal appelle, avec une grande justesse, la *gravure polychrome*.

C'est à Leblond que revient vraiment l'honneur de l'invention de la chromogravure, comme nous appelons ce genre aujourd'hui. Il employait pour la gravure de ses planches la manière noire, ou au berceau, autrement dite *mezzo-tinto* par les Italiens. Il avait basé son procédé d'impression polychrome sur le système de Newton qui prétend que trois couleurs primitives existent seulement dans la Nature : le rouge, le jaune et le bleu.

Il gravait donc trois planches sur cuivre par le procédé en mezzo-tinte, en ayant soin de fondre habilement les teintes et de faire en sorte que leur superposition s'harmonise et se mélange pour former les couleurs composées de ces nuances primitives : comme le violet, formé du rouge et du bleu ; le vert, formé du jaune et du bleu, etc., etc. Il obtenait de la sorte une gamme de couleurs très étendue et très variée. Il imprimait ensuite successivement sa feuille de papier sur ces trois planches, en les repérant d'une façon rigoureuse et il produisait ainsi une épreuve d'ensemble très satisfaisante. Le portrait de Louis XV restera comme son chef-d'œuvre en ce genre.

Leblond était originaire de Francfort. Disciple de Carle Maratta, il vint en Hollande où il conçut son projet d'impression des gravures en couleurs. N'ayant pas trouvé d'ouvriers assez habiles dans la manière noire, il passa en Angleterre et là il trouva une Compagnie qui lui avança les fonds nécessaires pour la réalisation de son idée. Il vint aussi en France et il obtint du roi, en 1740, un privilège pour la mise en pratique de son procédé. Il mourut l'année suivante dans un âge très avancé.

Il avait fait plusieurs élèves, entre autres un nommé Gauthier-Dagoti, qui vint aussi en France et poussa très loin son procédé dont il obtint des résultats supérieurs encore. Aux trois couleurs primitives, il en avait ajouté une quatrième, le noir ou le bistre, selon que l'aspect général du tableau était foncé ou clair. Au lieu d'une palette contenant les trois couleurs primitives avec leurs dégradations de tonalités ; il avait imaginé trois palettes avec des tons primitifs différents bien que rangés dans les trois grandes catégories des bleus, des jaunes et des rouges.

Avec la première palette il imprimait les tableaux anciens ; avec la seconde les tableaux modernes aux couleurs plus vives, et avec la troisième les paysages et les vues d'après nature. Il commençait son impression, d'abord par sa planche de noir ou de bistre, qui faisait sur le papier comme une sorte de lavis à l'encre de la Chine ; ensuite il passait sa planche de bleu qui, avec le secours de la précédente, formait un camaïeu noir et bleu, dans lequel on trouvait le noir, le bleu, le blanc, le gris, le gris-bleu, le bleu sale et une grande quantité d'autres teintes combinées de ces deux couleurs. Ensuite il imprimait sa planche jaune sur les trois précédentes, et il obtenait le jaune, le vert-clair, le vert-brun, le vert-céladon, le vert-olive, etc. Puis avec le secours du noir les terres-brunes, les jaunes-sales, les verts-sales.

Enfin, il imprimait sur le tout sa planche de rouge qui lui donnait avec la combinaison des trois autres : les pourpres, les orangés, les gris de lin, les couleurs roses, les bruns-rouge, les terres d'ombre, de cologne et une infinité d'autres teintes beaucoup plus riches qu'avec le simple mélange de trois couleurs seulement.

Nous empruntons ces détails à la lettre que Gauthier écrivait à M. de Boze, de l'Académie française, et qui est imprimée dans son *Recueil d'observations sur la peinture et sur les tableaux anciens et modernes* (1753).

Comme il était indispensable que l'exactitude la plus minutieuse fût observée dans la proportion des trois planches qui devaient être superposées. On commençait par décalquer un trait uniforme sur les quatre planches de cuivre préparées au berceau. Ce trait était fait à l'aide de blanc d'argent délayé avec de l'eau-de-vie et du fiel de bœuf passé sur un trait préalablement exécuté à l'huile, sur un tissu fin et léger tendu sur un carton dans lequel on avait découpé le contour général de l'œuvre à reproduire. A l'aide d'une simple pression, le blanc se décalquait sur la planche et l'on recommençait l'opération en chargeant à chaque fois le trait primitif de blanc à l'esprit-de-vin, pour le décalquer de nouveau sur la deuxième planche et ainsi des autres. Ce trait permettait d'établir exactement, dans la même proportion sur les quatre planches différentes, tous les détails du même sujet et d'en opérer avec justesse les rentrées ou repérages qui étaient rendus plus exacts encore par des trous percés aux angles des quatre planches de cuivre placées absolument l'une sur l'autre, et dans lesquels on enfonçait une aiguille qui perçait le papier et donnait ainsi un point de repère fixe.

Les Anglais couchaient ordinairement une légère couleur à l'huile sur leurs papiers et les livraient ainsi à l'impression, c'est ce qui donnait à leurs estampes coloriées ces tons moelleux qui les rendaient si agréables à l'œil. Ploos van Amstel et Edouard Dagotti sont les artistes qui ont produit les plus jolies choses dans ce genre après les noms que nous venons de citer.

La gravure à l'aquatinte, dont on accorde l'invention à J.-B. Leprince, permit de donner encore plus de douceur aux estampes imprimées en couleur par ce procédé. Janinet, De Bucourt, Descourtis, ont fait d'adorables chefs-d'œuvre en ce genre.

Ces gravures étaient fort en faveur à la fin du XVIII^e^ siècle et les exemplaires qui sont parvenus jusqu'à nous atteignent actuellement une grande valeur.

La septième exposition de l'Union centrale des Arts décoratifs a été cette année, dans sa partie rétrospective, l'occasion d'une splendide exhibition de ces adorables choses. Le beau portrait de Louis XV, de Leblond, buste grandeur nature y figurait sous le n° 594 du Catalogue de la collection Eug. Dutuit, de Rouen. Dans la collection de M. Audéoud figuraient le charmant portrait de Marie-Antoinette, de Janinet (1777), l'*Indiscrétion*, l'*Aveu difficile*, le portrait de *M^me^ Dugazon*, rôle de Nina, du même auteur (1797) ; l'*Offrande à l'amour*, adorable composition du même maître.

Les œuvres les plus gracieuses de Du Bucourt y figuraient aussi dans leur ordre chronologique : *Les deux baisers*, fantaisie pleine de l'esprit de l'époque (1786) ;

le *Jardin* et la *Galerie* du Palais-Royal (1787); deux adorables pendants : l'*Escalade* et *Heur et malheur*, d'un fini d'exécution extraordinaire; le *Compliment;* de la même date (1787); les *Bouquets*, le *Menuet de la mariée*, la *Noce au château*, la *Main*, la *Rose* (1788), prouvent à quel fini d'exécution peut atteindre l'aquatinte imprimée en couleurs. Le calendrier de 1791 est un chef-d'œuvre du genre. La *Promenade publique* (1792); la *Rose mal défendue*, la *Croisée*, prouvent encore le talent de ce maître. Descourtis y figurait par les œuvres les plus adorables : les *Espiègles*, où les chairs des jeunes baigneuses sont d'un naturel achevé. Les *Amants surpris*, de la même facture; sa *Foire de village*, la *Noce de village*, le *Tambourin*, la *Rixe* ne sont pas seulement des œuvres dignes du fini de Debucourt, mais encore des pages d'histoire des plus intéressantes à lire et à étudier.

Bonnet, cité par M. Georges Duplessis, comme le maître de la gravure au pointillé, y figurait également par des œuvres imprimées au pouce : le *Premier pas de la Fortune*, l'*Auteur favorisé*, d'un grand fini d'exécution. Puis quatre suites d'une date plus ancienne : le *Déjeuner*, le *Dîner*, le *Goûter* et le *Souper*, dignes d'être reproduites de nos jours.

Dans la collection de M. Victorien Sardou, se trouvaient aussi d'admirables choses : le portrait de Marat, par Angélique Briceau; celui de Michel Lepelletier et du petit Joseph Bara, par Alix; celui de Marie-Thérèse-Charlotte de France, par Sergent Marceau, qui prouvent que les successeurs de ces maîtres ont marché absolument sur leurs traces. Même au milieu de la période révolutionnaire la plus active, le goût de ce genre très décoratif n'a pas été ralenti. Le *Bal de la Bastille*, par Lecœur; le *Serment fédératif*, du même auteur; le *Mariage républicain* et le *Divorce*, de Legrand, en sont une nouvelle preuve.

On imprimait ces gravures en plusieurs planches. On les imprimait aussi d'une seule fois et voici alors comment on obtenait ce résultat. A l'aide du pouce et de petits tampons, on introduisait dans les grains ou tailles de la planche, la couleur en raison diverse du coloris qu'on désirait obtenir; on essuyait ensuite la planche et l'on imprimait d'un seul coup l'estampe ainsi coloriée par un nouveau procédé.

M. Goupil a restauré, de nos jours, l'impression de la gravure en couleurs et il a produit de très charmantes estampes imprimées en un ou plusieurs tirages et d'un fini, d'une grâce exquise et qui ne déparent pas les plus belles productions du XVIII^e^ siècle. — ALB. A.

Bibliographie : L'art d'imprimer les tableaux, traité d'après les écrits, les opérations et les instructions verbales de J.-C. Le Blon, Paris, 1756; JANSEN : *Essai sur l'origine de la gravure en bois et en taille-douce et sur la connaissance des estampes des XV^e^ et XVI^e^ siècles*, Paris, 1808; Léon de LABORDE : *Histoire de la gravure en manière noire*, Paris, 1839, in-8°; P. DELESCHAMPS : *Des mordants des vernis et des planches dans l'art du graveur ou Traité complet de la gravure*, Paris, 1876; A.-M. PERROT : *Manuel du graveur ou Traité complet de l'art du graveur en tous genres*, collection Roret, Paris, 1830; DUCHESNE aîné : Article sur la *Gravure*, *Encyclopédie moderne*, collection Firmin-Didot, t. XVI^e^, col. 654-662, Paris, 1848; Georges DUPLESSIS : *Histoire de la gravure*, G. Hachette et C^ie^, Paris 1880; Roger PORTALIS et Henri BÉRALDI : *Les graveurs du XVIII^e^ siècle*, Damascène Morgand, Paris, 1880; Léon VIDAL : *Cours de reproductions industrielles*, Ch. Delagrave, Paris, 1882.

* **CHROMOLITHE.** Enduit à l'aide duquel on donne à la pierre neuve un aspect de vétusté quand on restaure les vieux monuments.

* **CHROMOLITHOGRAPHE.** *T. de mét.* Celui qui fait de l'impression lithographique en couleurs.

CHROMOLITHOGRAPHIE. *T. techn.* C'est l'art d'imprimer des estampes à l'aide de plusieurs couleurs superposées et successivement appliquées par les procédés de la lithographie.

— L'histoire de la chromolithographie est intimemenr liée à celle de la lithographie et son premier inventeut est Senefelder, qui a, comme on le sait, inventé l'art d'imprimer sur la pierre. Une remarque très intéressante à faire en l'honneur de Senefelder, c'est qu'il a inventé son procédé d'impression tout d'une pièce, en lui faisant rendre tout ce qu'on était en droit d'en attendre. Aucun des procédés en usage aujourd'hui dans la lithographie n'est, à proprement parler, nouveau; Senefelder les avait tous trouvés : lithographie à la plume, au pinceau, au crayon, au pointillé, au lavis; la gravure sur pierre, la chromolithographie; il avait tout cherché, tout approfondi, tout enfanté. Les artistes modernes ont perfectionné ces procédés, ils ont apporté de nouveaux tours de main, mais le principe avait été posé par Senefelder et le moyen avait été même trouvé la plupart du temps par lui-même. Si le lecteur veut bien consulter l'ouvrage d'Aloys Senefelder, qui a été traduit et imprimé sous sa direction, en 1819, il se convaincra que nous n'avançons rien que d'exact. Cet ouvrage est intitulé : « *L'art de la lithographie* ou Instruction pratique, contenant la description claire et succincte des différents procédés à suivre pour dessiner, graver et imprimer sur pierre; précédée d'une histoire de la lithographie et de ses divers progrès, par M. Aloys Senefelder, inventeur de l'art lithographique; avec un portrait de l'auteur et un recueil de 20 planches, offrant un modèle des différents genres auxquels la lithographie est applicable. »

En ce qui concerne la *chromolithographie*, Senefelder donne deux procédés qui sont le début de cet art :

Page 195, § 7. *Dessin à l'encre de la Chine avec plusieurs pierres*, il indique le moyen d'imiter les dessins des maîtres anciens. « Cette manière, dit-il, n'est à proprement parler qu'une réunion de pierres à teintes; mais néanmoins on peut, par son moyen, reproduire des dessins aussi beaux que ceux faits par un dessinateur à l'encre de la Chine, ce qui lui doit mériter l'attention des artistes. Quoique ce genre d'impression soit un peu long, il est cependant le plus prompt et le plus facile de tous. »

Senefelder indique à la suite la manière de s'y prendre pour obtenir un résultat :

Page 197, § 8. *Impression coloriée avec plusieurs pierres.* Voilà bien la chromolithographie ! « Cette manière, dit-il, a la plus grande ressemblance avec celle que je viens de décrire. On dessine sur plusieurs pierres les différentes couleurs, soit avec la plume ou avec le crayon.

« La manière dont l'artiste procède décide si le dessin doit ressembler à une peinture ou à une gravure imprimée en couleurs, ou si, en imprimant les pierres sur une impression noire, où tout le dessin est déjà marqué, il doit être pareil à une gravure enluminée. »

L'inventeur donne ensuite la composition des couleurs primitives qui lui ont paru les meilleures. Il termine son paragraphe par cette prophétie : « L'impression avec plusieurs couleurs est une manière particulière à la pierre et susceptible de tant de perfection, qu'avec le temps elle produira de véritables peintures. Les expériences que j'ai faites dans ce genre m'en donnent la conviction. Si le temps qui me reste pour achever mon ouvrage me le permettait, je donnerais, dans les suppléments, des dessins faits de cette manière; mais je les réserve pour une suite qui paraîtra peut-être bientôt. »

Malheureusement, Senefelder ne donna pas suite à son projet; les *suppléments* et la *suite*, dont il est ici question ne parurent pas. Le seul essai qui figure dans l'*Album de vingt planches offrant un modèle des différents genres auxquels la lithographie est applicable* est, sous le numéro

XVII, une imitation de sépia. L'estampe représente une ruine. Trois personnages : un homme, une femme, un enfant, plus un chien sont sur les premiers plans. Elle mesure 7 centimètres 1/2 sur 5 centimètres 1/2, sans les marges. Elle porte pour titre : *Dessin à plusieurs planches.*

On ne retrouverait antérieurement à l'invention de Senefelder nulle trace de cette application des procédés lithographiques.

L'ouvrage allemand de Senefelder avait paru en 1818 et, en 1819, la traduction en était imprimée chez L.-E. Herhan, imprimeur, 13, rue Servandoni, sous le titre que nous venons de mentionner, et elle fut éditée par Treuttel et Würtz, libraires. « L'ouvrage que je présente au public, nous dit Senefelder dans son avant-propos, est en quelque sorte une traduction de celui qui a paru depuis peu à Munich, et qui a eu le bonheur d'y trouver un bon accueil. J'ai raccourci considérablement l'histoire, beaucoup trop détaillée, de la découverte de cet art, à laquelle était consacré plus du tiers de l'ouvrage allemand : ces détails ne pouvaient être de quelqu'intérêt que pour mes amis et pour une partie de l'Allemagne. J'ose me flatter, qu'ainsi réduit, mon livre sera reçu avec quelqu'intérêt par la nation éclairée et passionnée pour les arts, à laquelle j'ai l'honneur de la dédier. »

Un élève de Senefelder, M. Knecht, son neveu, nous apprend dans son *Nouveau manuel complet du dessinateur et de l'imprimeur lithographe,* paru dans la série des manuels Roret, que M. Marcel de Serres a publié, en 1814, dans les *Annales des arts et manufactures*, un mémoire dans lequel il relate l'invention que Senefelder avait appelée *Farbendruck*, autrement dit impression en couleurs. M. Knecht ajoute : « En 1817, Senefelder avait publié à Vienne les costumes des armées impériales ; plus une lithographie formée de trois pierres comportant ensemble un développement de 1m,50 de large sur 1 mètre de haut, tirée en onze teintes, ce qui faisait trente-trois pierres à repérer. Cette planche, qui eut un grand succès, représentait la foire de Bulgarie. Deux exemplaires apportés à Paris par Senefelder et M. Knecht furent offerts, l'un au comte Siméon, l'autre au comte d'Hauterive. »

Mais les procédés de Senefelder étaient incomplets et le *repérage* exact des planches présentait de si grandes difficultés que beaucoup d'épreuves étaient gâtées au tirage et augmentaient ainsi d'une manière considérable le prix de revient.

La Société d'encouragement s'était émue d'un procédé si ingénieux qui dispensait de colorier des planches noires et qui présentait aux yeux un ensemble plus artistique. Elle ouvrit un concours, en 1828, et proposa un prix de 2,000 francs au lithographe qui présenterait les moyens les plus pratiques et les plus industriels pour le *repérage* exact des planches chromolithographiques. Quatre concurrents se présentèrent, en 1830, pour obtenir ce prix :

M. Quinet, qui inventa depuis une presse lithographique, avec râteau fixe, qui fut détrônée par la presse Brisset. Il s'intitulait « inventeur de la lithographie en couleurs, » l'*un des inventeurs* eût été moins prétentieux ; le second concurrent était M. Desportes, un praticien de mérite, qui fonda l'atelier de lithographie à l'Institut des Sourds-Muets et qui créa le journal le *Lithographe*, puis les *Annales de l'imprimerie ;* le troisième était M. Knecht, qui avait étudié les débuts de cet art avec Senefelder lui-même ; enfin, M. Roissy, dont l'essai présentait le moindre avantage.

Aucun d'eux n'offrit la solution désirable. La pratique de leur procédé n'avait pas résolu le point capital : le *repérage* exact et mécanique des diverses planches superposées. La question resta donc au concours. On conçoit aisément que, dans une opération aussi délicate que celle qui consiste à appliquer des couleurs sur les détails infiniment déliés d'une estampe de petite dimension, la question du repérage joue un rôle important. L'ensemble du visage d'un personnage peut être défiguré si le point visuel de l'œil n'est pas rigoureusement à sa place. Si les détails d'une miniature ancienne sont brouillés et ne se présentent pas avec la netteté de l'original, il n'y a rien à espérer d'un procédé qui ne donnerait pas un résultat rigoureux dans ses proportions.

Ce fut en 1837, que M. Godefroi Engelmann, de Mulhouse, trouva les moyens pratiques pour vaincre les difficultés qui s'opposaient à l'éclosion de la *chromolithographie*. Ce fut aussi lui qui en inventa le nom et baptisa ainsi le procédé que Senefelder désigne par la périphrase : *Impression coloriée avec plusieurs pierres.*

Il avait évité l'allongement du papier en le tirant à sec après lui avoir fait subir une première pression à blanc sur la pierre, et il avait trouvé le secret d'un facile repérage dont nous allons donner plus loin la description et qui, à peu de choses près, est encore le même dont on se sert aujourd'hui.

Il présenta, en 1837, un album de sept estampes en chromolithographie, qu'on appelle de nos jours l'*Album des sept manières* et qui contient sept planches, exécutées au crayon lithographique et tirées à quatre couleurs seulement, Cet album comprend deux planches d'ornements : fleurs et fruits ; deux paysages : la *Cascade de Giesbach* et le *Lac de Lawerz ;* un tableau de genre : le *Savetier flamand ;* et deux têtes : *Master Lambton* et *Portrait d'après Greuse*, par Huber. Cette dernière estampe est un véritable chef-d'œuvre qu'on égalerait difficilement de nos jours.

La Société d'encouragement, dans sa séance du 17 janvier 1858, décerna à M. G. Engelmann le prix de 2,000 francs qu'elle avait proposé depuis 1828 pour l'impression lithographique en couleurs, et la Société industrielle de Mulhouse lui vota, pour le même objet, une médaille d'or dans sa séance du 13 juin de la même année.

Au procédé au crayon lithographique, dont l'impression est extrêmement difficile, surtout sur papier sec, M. G. Engelmann ne tarda pas à lui substituer les autres procédés mis en usage avec l'emploi de la pierre poncée et de l'encre liquide : pinceau, plume, tire-ligne, pointillé, gravure, etc., etc.

Le moment est venu de décrire par le menu les détails des procédés employés pour obtenir la chromolithographie : le dessin, sur les diverses planches et leur impression par superposition.

Commençons par détruire un préjugé qui consiste à croire que l'on dessine sur la pierre à l'aide de crayons ou d'encres de diverses couleurs. C'est une erreur, toutes les planches se présentent avec leurs dessins exécutés en *noir* par l'artiste, comme pour une lithographie ordinaire monochrome. C'est l'encre d'impression seule qui varie de ton et qui est appliquée au rouleau, par l'ouvrier, si le tirage se fait à la presse à bras ou par la machine. L'artiste doit donc s'inspirer de son modèle, suivre les diverses tonalités des couleurs qui le composent et en rendre la chromatique d'intensité à l'aide de l'encre ou du crayon noir lithographique. Cette habitude s'acquiert aisément par la pratique.

Une première opération préparatoire très importante consiste dans le dessin au trait de l'œuvre qu'on se propose de reproduire. Le trait s'exécute à l'aide d'un papier végétal encollé ou de *papier-glace* sur lesquels on doit calquer minutieusement avec de l'encre lithographique très liquide tous les contours du dessin et indiquer la place que doit occuper chaque nuance du modèle polychrome que l'on doit reproduire. On peut aussi graver le

trait dans le papier-glace à l'aide de la pointe sèche. Ce travail préliminaire doit être fait avec un soin excessif afin de conserver le caractère original de l'œuvre qui doit être reproduite.

Le trait doit être une œuvre d'art, et l'artiste qui l'exécute avec conscience, retire le fruit de sa peine par le guide certain qu'il s'est donné. Il y retrouvera toutes ses indications, tous ses renseignements et il assurera en outre le succès du repérage. Il faudra qu'il ait bien soin de faire, de chaque côté du dessin, un trait, une ligne se croisant à angle droit et présentant ce signe + absolument nécessaire pour le repérage exact de la planche lors de son impression.

Le trait une fois dessiné à l'encre lithographique ou gravé se décalque sur pierre. Le trait fait à l'encre se transporte directement au moyen d'une très forte pression qui dépose l'encre sur la pierre ce qui permet à l'imprimeur d'opérer comme pour un transport ordinaire. Le trait gravé dans le papier-glace s'encre comme une gravure en taille-douce au moyen de l'encre à report et se décalque

Fig. 229. — *Trait.*

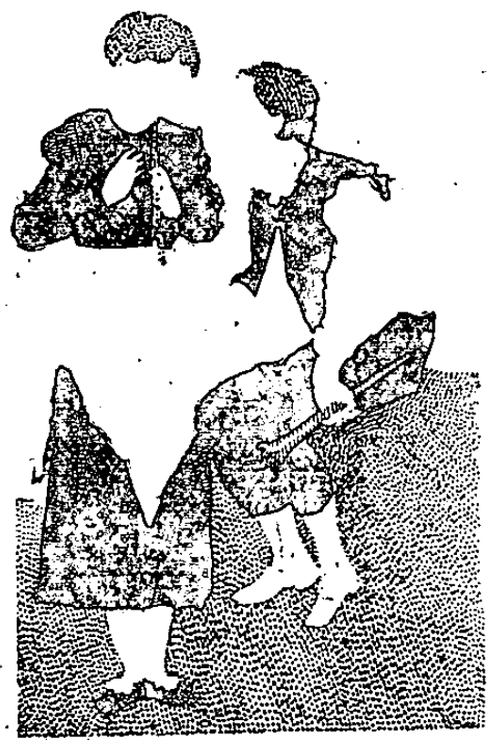


Fig. 230. — *Jaune.*

Fig. 231. — *Rouge.*

Fig. 232. — *Bleu.*

sur la pierre comme le précédent au moyen d'une forte pression. Dans ces deux cas il faut avoir soin de ne pas humecter le papier-glace comme cela se pratique pour les reports ordinaires. Le papier-glace étant composé de gélatine adhérerait sur la pierre en se déformant et compromettrait tout le succès de l'opération.

Il faut que la gravure comme le décalque à la plume soit fait sans retouches. Le succès de la gravure sera assuré si la taille à la pointe a été bien nette et suffisamment profonde.

Le décalque du *trait* sur la pierre est ensuite traité comme une autographie ou un report ordinaire ; encré, acidulé, puis gommé et prêt à recevoir l'impression d'autant d'exemplaires du *trait* qu'il en sera nécessaire. On imprime ensuite ce trait sur papier bien laminé en ayant soin d'ajouter de l'essence à l'encre d'impression qui ne doit pas adhérer sur la pierre et qui doit disparaître à l'acidulation des planches une fois achevées par le dessinateur. On décalque alors le trait sur autant de pierres poncées qu'il en sera nécessaire pour obtenir l'ensemble concourant à la reproduction de l'œuvre qui sert de modèle.

La pierre devra être grainée dans le cas où l'artiste ferait usage du crayon.

L'artiste a donc à sa disposition un nombre illimité de pierres qui représenteront les diverses nuances de son aquarelle, de sa peinture à l'huile ou de toute autre œuvre d'art dont la reproduction lui sera confiée.

C'est à lui de s'inspirer des effets produits par cette œuvre et à les rendre avec vérité et avec talent. Il a pour cela les moyens les plus variés : le pinceau, le crayon, la plume, le trait gravé, le pointillé pour faire les fondus ; en un mot toutes les ressources de l'art du lithographe.

Les planches une fois exécutées sont traitées comme toutes les autres pierres lithographiques en noir. Elles reçoivent la préparation à l'acide qui exige le tour de main d'une pratique exercée parce que cette opération mal faite peut tout compromettre et obliger l'artiste à recommencer son travail.

Alors commence le tirage des planches. Nous suivrons pas à pas cette opération en mettant sous les yeux de nos lecteurs les planches séparées d'une chromolithographie exécutée en quatre couleurs.

On commence par l'impression de l'or, à moins que le dessin en or ne retombe sur d'autres couleurs ou qu'il soit impossible de le réserver, dans ce cas seulement l'or arrive après les couleurs qui doivent le recevoir. Ces couleurs doivent être généralement poudrées ; si on les imprime à l'encre grasse on doit les *talquer* après les avoir bien fait sécher avant d'imprimer l'or. On continue ensuite par les nuances les plus tendres pour terminer par les plus foncées.

L'ensemble des quatre planches ci-dessus donnera au lecteur une assez juste idée des procédés de la chromolithographie.

La figure 229 représente le trait, mais comme dans cet exemple nous avons pris des petites chromolithographies servant à la décoration de boîtes d'allumettes en cire, le trait sert aussi de planche de bistre et n'est pas aussi achevé qu'il le serait pour un travail de plus grande importance.

On imprimera d'abord le jaune, puis le rouge, puis enfin le bleu.

Si le lecteur veut se rendre compte de l'effet que produira ce dessin imprimé en couleurs ; qu'il se livre au petit exercice suivant :

Il prendra une feuille de papier transparent à décalquer ; il suivra d'abord son trait à l'encre, puis le reportant exactement sur la figure 230, il coloriera en *jaune* tout ce qui lui apparaîtra en noir. Il replacera sur la figure 231 son décalque et le coloriera en *rouge*, lorsqu'il sera bien sec ; puis enfin, le reportant sur la figure 232 il y mettra le *bleu* et l'ensemble lui montrera, si non un chef-d'œuvre, au moins une image suffisante pour qu'il puisse se rendre compte de la division et de la superposition des tons.

Nous reprenons maintenant la planche n° 1 sur laquelle a été repérée la planche n° 2, puis la planche n° 3, puis la 4 et ainsi de suite afin que le lecteur puisse suivre la progression du changement qui s'opère sous ses yeux et qu'il voie l'estampe prendre peu à peu la forme qui lui convient jusqu'à la dernière qui lui rend son aspect définitif. L'opération du repérage, on le voit par cette démonstration, joue un rôle très important en chromolithographie et il s'obtient de la façon la plus simple et la plus certaine par le châssis à repérer inventé par Godefroi Engelmann. Ce châssis se compose d'un cadre de la dimension du chariot de la presse. Il est divisé en deux parties : l'une d'elle est posée sur le chariot où l'on place et où l'on cale la pierre à imprimer, l'autre partie du châssis adhère à la première par une charnière qui lui permet le mouvement de va et vient et qui n'empêche pas de placer la feuille de papier lorsque la pierre est suffisamment encrée.

De chaque côté de ce même cadre existe des réglettes en cuivre minces et plates qui contiennent à leur centre une aiguille ou pointure. Ces réglettes sont mobiles et glissent sur des raînures. On peut donc amener la pointure ou aiguille juste sur le point central de l'intersection des deux lignes coupées à angle droit + que nous avons mentionnées en décrivant les opérations de la confection du *trait*. On fixe alors cette réglette au moyen d'une vis à tête noyée placée à chacune de ses extrémités de façon à la maintenir. Cette réglette, fixée sur charnières, se renverse lorsqu'on a besoin d'encrer la pierre afin que les pointures ne gênent pas l'ouvrier pendant cette opération, et la pointure en se renversant se trouve ainsi garantie.

Lorsque l'on opère la pression pour faire la première opération sur la feuille de papier, les pointures percent le papier. Pour les autres tirages on a bien soin de replacer la feuille de papier exactement dans les trous formés par la première pression des aiguilles ou pointures de la réglette.

L'ouvrier, on le voit, relève la partie supérieure du châssis, relève aussi les réglettes de cuivre formant charnière par leur milieu, encre sa pierre et la dispose pour l'impression. Il rabat ses réglettes pointures, pose la feuille de papier, rabat la deuxième partie mobile du châssis et tire son épreuve. Il recommence la même opération pour l'impression des feuilles successives en ayant bien soin de placer sa feuille dans les mêmes trous que la pointure ou aiguille a fait la première fois ou dans les impressions qui l'ont suivie.

On conçoit aisément que la pointure se trouvant exactement fixée au même point sur toutes les pierres, pas une épreuve ne variera si l'on a bien observé toutes les précautions voulues et qu'ainsi le repérage sera fatal et absolu.

Le châssis de M. G. Engelmann a pu subir des modifications de détail que la pratique a enseignées. Ainsi Brisset a remplacé le châssis supérieur par deux réglettes en cuivre qui se rabattent sur celles portant les pointures pour maintenir la feuille et garantir ces pointures ou aiguilles. Mais le principe est resté le même et c'est grâce à lui que la chromolithographie est devenue une industrie très prospère de nos jours.

Avant de faire le tirage définitif on imprime ce

qu'on appelle un *essai* de la combinaison des tons. Cet essai se repère à l'aiguille au moyen de petits trous pratiqués dans le milieu de la + du point de repère, afin d'éviter l'emploi du cadre qui n'a de nécessité absolue que pour un tirage continu. Il sert de guide à l'artiste qui peut ainsi suivre son œuvre pas à pas et modifier ses tonalités s'il ne les a pas suffisamment rendues dans une planche ou dans une autre. Le tirage se fait à la presse à bras ou à la machine selon son importance. Mais toutes les estampes et surtout celles exécutées au crayon lithographique, s'impriment sur la presse à bras.

Le pointage à la machine se fait sur la table à marger au moyen de pointures mobiles fixées en dessous de cette table et qui disparaissent lorsque la feuille de papier, prise par la pince, est entraînée par la rotation du cylindre. Ce mouvement de la pointure s'opère automatiquement et il est réglé par la marche même des rouages de la presse mécanique. Des praticiens sont même parvenus à opérer la mise en marges de la feuille à imprimer d'une façon automatique et en se passant de pointures, à l'aide d'un instrument fort ingénieux qui s'adapte à la table de la machine. De ce nombre on peut citer le *margeur automatique* de Marie.

La chromolithographie a produit de belles œuvres ; des artistes de valeur se sont emparés de ce procédé afin de faire revivre les plus beaux livres qui existaient avant l'art d'imprimer, et qui contenaient des miniatures exécutées à la main par les artistes du moyen âge.

Ces ouvrages uniques constituaient des raretés inestimables. M. Jean Engelmann, fils de Godefroi, et continuateur de son œuvre, publia, de 1846 à 1849, le premier Livre d'Heures qui ait paru illustré par la chromolithographie.

En 1853, il produisait un nouveau chef-d'œuvre : les *Statuts de l'Ordre du Saint-Esprit*.

En 1856, il inventait un nouveau genre d'impression dont les procédés chromolithographiques sont la base et qu'il intitulait la *diaphanie*.

Voici comment il décrit lui-même ce procédé : « Ayant remarqué combien les teintes chromolithographiques présentent de charme à la transparence, par leur grain uni et serré, nous avons eu l'idée de confectionner des planches imitant la peinture sur verre, de tirer ces planches avec des couleurs transparentes de la valeur voulue pour l'effet demandé, puis de passer ces épreuves dans un bain de vernis. Nous obtenons ainsi des estampes d'un transparence complète que nous appliquons ensuite sur verre par le procédé qui sert à faire les fixés. D'une nature toute différente de la chromolithographie ordinaire, cette fabrication est difficile. L'exécution des planches demande des combinaisons toutes particulières. Il est essentiel de n'employer que peu de couleurs, pour éviter les superpositions trop nombreuses qui produisent de l'opacité ; toutes nos planches sont obtenues avec huit ou neuf couleurs seulement. Ce petit nombre de couleurs insuffisant dans la chromolithographie ordinaire nous donne, à la transparence, des effets surprenants, »

Vers le même temps, l'éditeur Curmer entreprenait des œuvres remarquables qui ont rendu son nom fameux parmi les éditeurs-artistes. Les *Heures de la reine Anne de Bretagne*, les *Evangiles du Dimanche*, l'*Œuvre de Jehan Fouquet*, le précurseur de nos grands maîtres de la Renaissance, sont des œuvres considérables en effet et qui feraient reculer les plus hardis. Pour cette dernière reproduction surtout, il a fallu que M. Curmer obtînt l'autorisation de reproduire les feuillets du manuscrit primitif qui avait été exécuté pour Etienne Chevalier, argentier du roi Charles VII, et qui avaient été, par la suite des temps, disséminés dans tous les musées de l'Europe.

Plus tard, M. Didot entreprenait à son tour des éditions splendides dans lesquelles la chromolithographie joue un rôle important : les *Chefs-d'œuvre de la Renaissance*, l'*Histoire de Jeanne-d'Arc*, la *Vie de Jésus*, la *Vie de la Vierge* ont popularisé les belles choses en mettant, pour presque rien, des œuvres magnifiques à la portée de tous et en faisant pressentir ainsi le livre de l'avenir.

M. Mame, de Tours, M. Dumoulin, et quelques autres ont suivi cet exemple. L'*Histoire de Saint-Vincent de Paul*, l'*Histoire de Saint-Louis, de Saint-Martin, de Sainte-Elisabeth* ont présenté la chromolithographie sous son plus bel aspect.

De nos jours, M. Robert Engelmann, digne successeur de ses ancêtres, vient de terminer une *Imitation de Jésus-Christ* qui sera la dernière expression de ce qu'on peut attendre du procédé d'impression qui nous occupe.

Il avait produit auparavant un *Petit Paroissien* Renaissance, véritable bijou d'une vérité de style remarquable.

Des artistes de grande valeur ont collaboré aux divers ouvrages que nous venons d'énumérer.

Kelleroven, les frères Turvenger, Antoine Pralon peuvent être cités parmi les meilleurs.

Des élèves de ces artistes se font une place de nos jours dans ce genre et ils ont produit de jolies choses pour Didot, Mame, de Tours, Dumoulin, etc. La maison Lemercier a suivi les traditions des Schenefelder, des Knecht, des de Lasteyries, des Thierry et autres, et on l'a toujours vue à la tête de toutes les innovations les plus intéressantes. M. Lemercier, apprenti sous Senefelder, a tenu à honneur de fournir son tribut de désintéressement et d'initiative à tout ce qui pouvait assurer à la chromolithographie son perfectionnement et son progrès.

La chromolithographie a été aussi baptisée de noms divers : d'*oléographie* et autres singularités. Mais ces appellations ne lui étaient données le plus souvent que pour mieux tromper le public sur des exécutions qui avaient la prétention d'imiter la peinture à l'huile ou le coloris et qui, en définitive, ne trompaient pas les véritables connaisseurs.

Le commerce et l'industrie se sont emparés de la chromolithographie qui apporte un appoint très intéressant à l'art décoratif.

L'imagerie religieuse, l'estampe populaire, le papier décoré pour le cartonnage de luxe, la décalcomanie pour la décoration de la porcelaine à,

bon marché, les affiches et les annonces-réclames pour le commerce, l'enveloppe de luxe pour les produits de la parfumerie, de la confiserie et de l'article de Paris, trouvent dans la chromolithographie un très utile concours.

Dans ce genre absolument commercial, mais qui n'exclut pas le bon goût et un certain art, des maisons importantes se sont créées, et nous devons résister au désir de nommer tous les ateliers où le travail est conduit avec distinction; cependant nous serions injustes de ne point mentionner, dans cette étude d'ensemble sur la chromolithographie, le nom d'Engard-Mauger, auquel la Société d'Arondel, d'Angleterre, confiait l'exécution des belles reproductions qu'elle faisait exécuter chaque année, celui de Marie dont les études constantes de son art n'ont pas peu contribué à son développement, et celui de Mathieu, cet artiste dessinateur lithographe dont le charmant paroissien a été acquis, à sa mort, par la maison Curmer. Ces noms prouvent tout le mérite artistique de nos praticiens lithographes et la supériorité de notre chromolithographie française. Mais ne nous laissons pas entraîner plus loin que ne le comporte l'espace qui nous est réservé.

La chromolithographie, traitée à ce point de vue commercial, n'offre pas le même aperçu qu'envisagée à son point de vue artistique. Là elle est limitée dans ses moyens d'action. Au lieu d'avoir devant elle le champ ouvert pour l'interprétation d'un sujet, le nombre des tirages lui est compté. Elle doit produire avec cinq ou six tirages, dix ou onze au plus, l'effet qu'on exige d'une chromolithographie où l'on peut laisser à l'artiste la liberté de ses allures.

En résumé, la chromolithographie est un art difficile, puisqu'il faut, en outre de la correction du dessin, conserver l'aspect général du coloris de l'aquarelle ou du tableau que l'artiste doit reproduire. Ces conditions de tons ne s'acquièrent qu'avec une longue expérience et la connaissance approfondie du métier ; soit que le travail se fasse au crayon, à la plume ou au pointillé, il faut que chaque pierre donne juste la valeur réelle du ton qui doit être imprimé. On a bien cherché à remplacer le pointillé fait par la main par certains reports de pointillés faits mécaniquement et à l'avance, mais, en France, ce procédé a été abandonné même pour la chromolithographie de l'aspect le plus commercial.

Aussi les paroles que Godefroi Engelmann faisait entendre trois mois avant sa mort, arrivée en 1839, n'ont pas perdu de leur actualité. « Si j'ai pu avoir la satisfaction, disait-il, d'introduire la lithographie en France, si j'ai consacré vingt ans de ma vie au perfectionnement de cet art dont j'avais prévu l'essor brillant et l'heureuse influence, j'ai aujourd'hui celle plus grande encore d'avoir créé un art nouveau, une nouvelle source de progrès pour le pays, de travail pour les artistes, de jouissance pour les amateurs. »

Au point de vue artistique la chromolithographie ne périra pas en France. — ALB. A.

Bibliographie : Aloys SENEFELDER : *L'art de la lithographie,* Paris, 1819, in-4°, accompagné d'un album de spécimens; G. ENGELMANN : *Traité théorique et pratique de lithographie par G. Engelmann*, publié par Engelmann père et fils, Mulhouse, 1879, in-4°, accompagné de planches; KNECHT : *Nouveau manuel complet du dessinateur et de l'imprimeur lithographe*, collection Roret, ouvrage accompagné d'un atlas, Paris, 1867; LASTEYRIES : Article *Lithographie* de l'*Encyclopédie moderne*, collection Firmin-Didot, t. XIX, col. 408-423; P. THÉNOT : *Cours complet de lithographie,* Paris, 1836, in-4°; CHEVALLIER et LANGLUMÉ : *Traité complet de lithographie*, avec des notes, par MM. Mantoux et Joumard, Paris, 1838, in-8°; Léon VIDAL : *Cours de reproductions industrielles* à l'Ecole nationale des Arts décoratifs, Paris, 1882, Ch. Delagrave.

* **CHROMOLITHOGRAPHIQUE.** Qui a rapport à la chromolithographie.

* **CHROMOTYPOGRAPHIQUE.** Qui a rapport à la chromotypographie.

* **CHROMURGIE.** *T. de chim.* Branche de la chimie qui s'occupe des matières colorantes et de leur application aux arts et à l'industrie.

* **CHROMOTYPOGRAPHIE.** *T. techn.* Ce genre d'impression a pris successivement divers noms en traversant les âges. Il s'est d'abord appelé *impression en camaïeu,* puis *impression en couleur, impression à la congrève, typographie polychrome, aquarelle typographique, typochromie* et enfin *chromotypographie*, mot qui résume bien ces diverses appellations. L'origine de ce genre remonte aux plus hauts temps : les Chinois imprimaient en couleurs sur planches de bois, bien avant l'origine de l'imprimerie en Europe.

Dès les premiers temps de cette invention, en 1457, Faust et Schœffer, à Mayence, décorèrent leur *Psautier* de lettres ornées imprimées en plusieurs couleurs à l'aide de la gravure en camaïeu ; au moins, c'est l'avis de Papillon dans son ouvrage : *Traité de la gravure en bois* (1766). Félibien, dans ses *Principes d'architecture*, nous parle « d'un certain Hugo de Carpi qui inventa une manière de gravure en bois par le moyen de laquelle les estampes paraissaient comme lavées de clair obscur. »

Ce genre de camaïeu eut des représentants distingués au XVe siècle. Albert Dürer ne dédaigna pas de s'y livrer et fit le portrait d'Ulrich Varbuler, entre autres, par ce procédé. Le *Parmesan*, François Mazzuola, peintre célèbre du XVIe siècle, s'y distingua ainsi qu'André Andréa, de Mantoue, dont les estampes sont aujourd'hui très rares. Barthélemy Coriolano, de Bologne fit, en ce genre, une remarquable estampe, rarissime actuellement : *Jupiter foudroyant les géants*. Il était le fils du Coriolan, de Nuremberg, venu se fixer en Italie. Jean-Baptiste Coriolano, suivant les traces de son frère produisit aussi un *Cupidon endormi* que l'on cite comme sa meilleure œuvre en camaïeu. Vicentini, Fantuzzi et l'allemand Jegher, Christophe, exécutèrent aussi de très jolies choses en ce genre.

Dans le XVIIe siècle on cite le flamand Corneille Blœmaert, comme un très habile graveur en camaïeu.

Dans le XVIIIe siècle, le comte Antoine Zanetti, célèbre antiquaire vénitien, orna de cette façon plusieurs ouvrages d'art, entre autres : *Racolta di varie Stampe di chiaroscuro tratte*, dans lequel il précise sa méthode. La famille de Lesueur, célèbre graveur rouennais, a produit un remarquable artiste en camaïeu, Nicolas Lesueur, qui perfectionna extraordinairement ce genre de gravure. Jackson excellait vers le même temps dans cette méthode, en Angleterre.

Enfin, au commencement du siècle, Brevière, qui a restauré la gravure sur bois en France et auquel on doit la méthode de graver sur bois de bout, grava de ravis-

santes choses, entre autres un fronton pour un spécimen imprimé par Silbermann, de Strasbourg, sur des dessins de Wattier, pour l'Exposition de 1844.

Voici quelques détails techniques sur la gravure en camaïeu, qui a donné naissance à la chromotypographie, et qui méritent de fixer notre attention. On dispose autant de planches que l'on doit employer de teintes. Trois sont ordinairement suffisantes. Ces planches de bois doivent être absolument de même dimension et de même équarrissage. Le poirier est préférable au buis parce qu'il s'empare mieux de l'encre d'imprimerie et donne des tons plus unis.

Quand on aura gravé la première planche qui doit bien arrêter avec un trait les contours du dessin et déterminer son esprit, on tirera des épreuves que l'on décalquera encore fraîchement imprimées, en les frottant sur chacune des planches, et on laissera parfaitement sécher ces décalques. Sur ces mêmes épreuves qui ont servi au décalque on couvrira le trait avec un pinceau imprègné de la couleur plus transparente, de manière à laisser apparaître les parties qui doivent faire d'abord la teinte la plus accusée; elle s'appellera seconde *rentrée* ou *rentrure*. Sur une seconde épreuve on indiquera la troisième rentrée et ainsi des autres, si l'on a besoin d'un nombre plus considérable de rentrures.

On indiquera alors sur le bois, au pinceau et à l'encre de Chine, les divers détails de ces teintes une fois bien arrêtées et comprises, et le graveur ne laissera subsister que la partie du bois qui doit composer chaque teinte ou rentrée, puis l'on fera une épreuve d'ensemble. Alors on enlèvera les parties du trait qui viendraient nuire au fondu des teintes en les arrêtant trop sensiblement ou qui nuiraient à l'effet d'ensemble qu'on s'est proposé d'obtenir. On aura soin de ménager les blancs qui feront les points lumineux, en les indiquant sur les diverses planches de rentrées à l'aide de la gouache.

Si l'on doit aussi faire des tailles dans ces diverses teintes pour atténuer la monotonie des à-plat, ces contre-tailles devront être gravées dans le même sens que celles du trait ou dessin principal.

Supposons qu'on ait adopté le ton de *sépia*; à l'aide de ce procédé on obtiendra un fac-simile exact d'une aquarelle exécutée dans cette couleur par un artiste habile. S'il s'agit d'obtenir un fac-simile, on peut décalquer sur papier transparent le dessin du maître, indiquer ensuite sur ce même papier les teintes diverses que l'on veut obtenir et les décalquer sur les planches de bois les unes après les autres, en les faisant repérer exactement sur la planche de trait primitivement gravée, puis décalquée sur chacune d'elles, comme nous venons de le dire.

Dans le XVII^e^ et le XVIII^e^ siècle, on gravait le trait sur cuivre laiton. Maintenant que le buis est d'un usage général en gravure, on peut se servir de ce bois pour le trait et du poirier pour les rentrées. Ce système n'a guère varié pour l'exécution des planches en couleurs exécutées en chromotypographie, et qui ont fait le succès des maîtres que nous avons précédemment cités.

Pour ce qui concerne ce que l'on appelle l'*impression en couleurs*, ce genre est spécial à l'art typographique et lui emprunte ses éléments ordinaires. Ce sont les lignes ou les ornements typographiques, tirés à plusieurs reprises et en diverses couleurs harmonieusement combinées.

Dès les premiers temps de l'imprimerie, on employa des lignes rouges qu'on inséra dans le texte noir. Des lettres imprimées en cette couleur ressortaient aussi sur l'ornement noir qui les entourait. Des parties du sujet des emblèmes adoptés comme marque par les imprimeurs étaient également tirées en rouge et en noir. Plus tard, des travaux de pure typographie, imprimés en diverses couleurs, surtout pour les titres d'ouvrages, les affiches apparentes, les ouvrages de fantaisie se sont produits à des époques diverses.

— De nos jours, le célèbre graveur-typographe Charles Derriey, a laissé une collection d'ornements typographiques, destinés à l'impression en couleurs, du plus remarquable effet.

L'album spécimen de ces ornements qui a été imprimé sous sa direction, en 1842, chez l'imprimeur Paul Dupont, restera comme un chef-d'œuvre du genre et qui fait l'admiration des typographes. Les noms de ses collaborateurs, à la tête desquels figurait V. Moulinet, véritables artistes typographes, resteront pour rehausser l'honneur de la profession. En 1759, un éditeur original, du nom de Caraccioli, qui mourut presque de misère, en 1803, issu d'une famille napolitaine, ruinée par le fameux système de Law, édita des livres imprimés en diverses couleurs. Le *Livre à la mode* était imprimé en vert, « à Verte-Feuille, de l'imprimerie du Printemps, au Perroquet, » et il était dédié à *Messeigneurs les Petits Maîtres et Mesdames les Petites Maîtresses*. Une autre édition du même ouvrage parut en 1760, imprimée en couleurs d'un rose magnifique. Cette fois le livre est dédié à *Messieurs et Dames à vapeurs*. La même année parut aussi le *Livre des Quatre Couleurs* qui fut imprimé chez Duchesne, en citron, bleu, terre d'Egypte et rouge mixte. En 1780, P.-G. Simon, imprimeur du Parlement, fit paraître un volume in-folio intitulé : *Essais d'impressions en couleurs*, dont le titre est en diverses nuances.

Nous puisons ces renseignements dans le numéro d'octobre 1839 des *Annales de la typographie*. de M. Alkan aîné, article reproduit tout au long dans les « Opinions des journaux sur les produits de l'imprimerie Silbermann à l'occasion de l'Exposition de 1839 » avec un titre en rouge noir et or et un charmant fleuron retraçant une allégorie de l'imprimerie, imprimée en camaïeu.

Au commencement de ce siècle, vers 1820, un Anglais, nommé Whyting, imagina un nouveau genre d'impression polychrome. Cet inventeur n'aurait pu mener son projet à réussite s'il n'avait rencontré sur son chemin un riche compatriote, inventeur lui-même et protecteur des arts, sir William Congrève, qui avait imaginé les fusées qui portent son nom. L'invention de Whyting porta le nom de son capitaliste qui la vulgarisa. La *congrève* consista dès l'abord dans l'emboîtage de différents morceaux formant un seul bloc de cuivre que l'on gravait en relief. Les parties séparées de cette plaque recevaient des encrages de diverses couleurs sur autant de tables à encrer groupées autour de la presse. Après les avoir encrées on les remettait en place dans la forme, puis d'un seul coup de barreau, l'on obtenait une impression multicolore.

A la mort de sir Congrève, en 1828, cette méthode était fort en faveur. Mais en 1831, M. C. Naumann, imprimeur à Franckfort, dans un voyage qu'il fit en Angle-

terre, acheta la collection des plaques de cuivre gravées par Whyting, mort lui-même à cette époque, et il en exécuta des reproductions en métal d'imprimerie, par la stéréotypie au plâtre et rendit ainsi le procédé pratique en cédant ses clichés à divers imprimeurs. M. Naumann fut le premier imprimeur qui, sur le continent, imprima des étiquettes en congrève.

Vers 1834-35, M. Firmin-Didot avait envoyé l'un de ses graveurs chez M. Naumann pour étudier le procédé et il acheta le brevet pour la France. Mais le célèbre imprimeur n'en tira pas parti et vendit, en 1840, sa licence à un confrère qui n'en fit pas davantage profit.

En 1841, la Belgique offrait en France des étiquettes imprimées par ce procédé et l'on pouvait se procurer, chez M. Heger, de Bruxelles, des clichés venant de M. Naumann.

C'est à cette époque que M. Danel, de Lille, l'un de nos meilleurs imprimeurs du nord de la France, annexa la *congrève* à son établissement en achetant à Heger toute sa collection, qui malheureusement, disparut en 1874 dans le terrible incendie qui détruisit le splendide établissement Danel.

D'abord, les couleurs ne furent que juxtaposées et l'on n'imprimait que du guilloché, des ornements, ou bien, si l'on imprimait des personnages, ce n'était qu'au moyen d'un simple trait en une seule couleur. La superposition des couleurs et l'enluminure des personnages ne furent innovées que vers 1843 et les premiers essais en furent tentés, croyons-nous, dans les ateliers Danel.

Cependant, dès 1840, lors du quatrième jubilé de l'invention de l'imprimerie à Strasbourg, M. Silbermann publia un *Album typographique* qui contient quelques jolies pages où la tentative de la superposition des couleurs a été très heureuse.

C'est d'abord le titre d'un très harmonieux effet avec un fond vert tendre sur lequel ressortent, avec des intensités diverses, des ornements vert plus foncé et bistre. Le cadre de ce titre est fort riche avec des ornements niellés blanc sur rouge antique et bleu d'outre-mer, le tout entouré d'une bordure en or avec riches coins et ornements en vignettes typographiques. Le dessin de ce beau travail était de M. Clergé et la gravure de Brevière. Vient ensuite un titre en camaïeu bistre et noir sur un dessin d'Horace Vernet, gravé en relief sur cuivre, par MM. Andrew, Best et Leloir, pour l'*Histoire de Napoléon*, de Laurent, de l'Ardèche, et une reproduction de la statue de Gutenberg, de David, d'Angers, également en camaïeu vert et bistre, imitant le bronze, et gravée par Lacoste jeune, à Strasbourg. Enfin, les armes des imprimeurs, gravées par Pfnor et imprimées par Hasper, un très habile artisan, avec des superpositions d'un très brillant effet.

C'est vers 1836 que M. Silbermann paraît s'être adonné à la chromotypographie d'une manière soutenue. Les guillochés de M. Naumann, de Franckfort, paraissent l'avoir mis en goût et la congrève avait déjà appelé son attention. Nous consacrons à SILBERMANN une notice biographique qui nous permet d'indiquer les œuvres qui lui ont conquis une grande et légitime notoriété.

Mais pendant que cet imprimeur alsacien combattait si vaillamment pour la cause du progrès industriel et rêvait de donner à son art un débouché nouveau, M. Henri Plon suivait aussi la même voie, à Paris, et produisait, presque en même temps, de remarquables chromotypographies qu'il nommait des *aquarelles typographiques*.

M. Henri Plon avait déjà produit de fort belles impressions en couleurs avant 1855, et dès 1849, il avait complètement justifié le titre d'*aquarelles typographiques* qu'il avait donné à ses remarquables impressions polychromes. Cet imprimeur, auquel la typographie est redevable de très sérieux progrès, mit à la disposition des impressions en couleurs toutes les ressources anciennes auxquelles il ajouta celles que les hommes de progrès comme Tissier, Gillot et autres avaient apportées. Il produisit des œuvres remarquables en ce genre et qui laisseront à son nom une incontestable renommée. Il inventa même une machine, ou du moins fit apporter à la machine ordinaire de Marinoni des perfectionnements nouveaux : tels que des proportions plus volumineuses du cylindre de pression pour rapprocher, autant que possible, les effets de la pression cylindrique de celles de la pression plate toujours préférable, pensait-il, pour les impressions en couleurs. Il ajouta encore un système de distribution plus complet en multipliant le nombre des rouleaux toucheurs et distributeurs.

Il a laissé une série d'œuvre chromotypographiques fort remarquables : les unes prirent leur place parmi les jolies estampes dans le commerce des gravures, comme la *Vierge jardinière*, de Raphaël, les reproductions des œuvres principales d'Overbeeck, le portrait du Prince-Président. D'autres, au contraire, répandues à des prix extrêmement modiques, comme les *Alphabets* et les *Petits livres illustrés* pour l'enfance ont remplacé avec avantage l'imagerie d'Epinal.

L'imprimerie nationale produisit aussi des œuvres en chromotypographie très remarquables : l'*Imitation de Jésus-Christ*, et la belle collection orientale, notamment le *Livre des Rois*, exposée en 1878, figureront parmi les plus brillantes productions de la typographie française.

Pendant un intervalle assez long, la France resta stationnaire pour la chromotypographie et laissa l'Angleterre prendre une prépondérance regrettable. Les imprimeurs de cette nation avaient acquis, chez nos propres éditeurs, le monopole de la fourniture des impressions en couleurs. Ils firent, en ce genre, de fort jolies choses, il est juste de le dire.

M. Danel, de Lille, et Silbermann, de Strasbourg, soutinrent vaillamment le poids de cette concurrence et, dans ces derniers temps, la maison Lahure est venue ajouter à la chromotypographie un nouvel éclat en lui donnant un aspect, un caractère, qui lui est entièrement spécial et qui n'emprunte à aucun autre genre ni ses valeurs, ni ses ressources.

Les progrès que la photographie a su accomplir avec la recherche des Poitevin et des Davanne, sont venus donner de nouveaux moyens d'action à la typographie en couleurs et lui ouvrir de nouveaux horizons.

De charmantes œuvres ont été mises au jour dans ces dernières années, et le *Conte de l'Archer*, qui vient de paraître tout récemment, présente le livre sous un jour entièrement nouveau. Grâce à la chromotypographie, de véritables aquarelles ont pu être introduites dans le livre moderne et ajouter le charme de l'illustration en couleurs à l'intérêt de sa lecture.

On est parvenu à fondre les tons, à marier les couleurs en les superposant, à rendre enfin les détails et l'aspect général du coloris, de telle façon, qu'on croirait que le pinceau de l'artiste a

passé par là et, l'on n'aperçoit rien de ce qui caractérisait autrefois l'ancien camaïeu ou les rentrées des premières impressions en couleurs.

La chromotypographie présente, sur les procédés empruntés à la lithographie et à la gravure, cet avantage qu'on peut l'introduire dans le livre en même temps que l'impression du texte, grâce à l'excellente machine que M. Alauzet a inventée et qui permet l'impression de plusieurs couleurs à la fois.

Ce genre d'impression est plus riche que celui obtenu par la lithographie et il exige un moins grand nombre de tirages pour rendre le même effet. Il est appelé à une réussite certaine et, dès à présent, l'on peut affirmer qu'en nous maintenant, dans la production de ce genre d'impression, supérieur à la concurrence étrangère, nous assurerons à notre commerce extérieur de précieux débouchés, et à nos arts décoratifs un nouvel éclat. — ALB. A.

Bibliographie : A.-M. PERROT : *Manuel du graveur,* article *Gravure en camaïeu ou à plusieurs teintes,* p. 200, Paris, 1830; JANSEN : *Essai sur l'origine de la gravure en bois et en taille-douce,* p. 31, gravure en camaïeu; PAPILLON : *Histoire sur la gravure en bois,* 1776; *Album typographique,* de SILBERMANN, publié à l'occasion de la fête de Gutenberg en 1840, Strasbourg; *Encyclopédie moderne,* article *Gravure,* Paris, 1848, Didot; A.-L. MONET : *Le conducteur des machines typographiques,* Paris, 1872; Léon VIDAL : *Cours de reproductions industrielles,* typochromie, p. 267, Paris, 1882, Ch. Delagrave. — Il n'existe pas d'ouvrage technique traitant exclusivement de la chromotypographie.

* **CHRONOGRAPHE.** (du grec χρονος temps et γραφειν écrire.) Nom que l'on donne à des appareils qui permettent d'évaluer des intervalles de temps très petits. Les premiers de ces appareils ont reçu le nom de *chronoscope* (du grec χρονος temps et σκοπειν examiner), mais on a pris aujourd'hui l'habitude de les désigner plus généralement sous celui de *chronographe,* bien que l'on ait tout d'abord appliqué plus spécialement cette dernière dénomination à ceux dans lesquels les indications fournies se trouvent enregistrées graphiquement.

L'usage de ces appareils, dont l'apparition ne date que du milieu de notre siècle, tend à se répandre de plus en plus dans toutes les sciences expérimentales; actuellement on les emploie surtout :

En *balistique,* dans tous les champs de tir des commissions d'expériences d'artillerie, pour la mesure de la vitesse des projectiles en un point quelconque de leur trajectoire dans l'air, et aussi pour la détermination de la loi de leur mouvement à l'intérieur de la bouche à feu, ou même la mesure directe des pressions développées dans l'âme par les gaz de la poudre.

En *astronomie,* dans la plupart des observatoires, pour l'observation du passage des astres au méridien.

En *physiologie* pour l'étude de la propagation des excitations nerveuses.

— On retrouve l'idée première des chronographes dans les chronomètres à pointage mais les meilleurs compteurs ne permettent pas, en général, d'apprécier des durées inférieures au 1/10 de seconde, les erreurs personnelles à l'observateur viennent, en outre, diminuer l'exactitude des indications fournies. En vue d'éviter les erreurs physiologiques auxquelles l'observateur le plus expérimenté ne saurait échapper d'une manière absolue, un constructeur français, M. Bréguet, construisit, en 1843, pour les expériences d'artillerie, un compteur à pointage automatique, dans lequel l'action du doigt de l'homme était remplacée par un levier commandé par un électro-aimant introduit dans le circuit d'un courant traversant un cadre-cible ou un interrupteur quelconque, et devant être rompu au moment du passage du projectile.

Wheatstone, électricien anglais, professeur de physique au collège de King's Charles, est le premier (1840) qui ait trouvé le moyen d'appliquer l'électro-magnétisme à la mesure des intervalles de temps très petits; il signala, comme application particulière de sa méthode, la détermination de la vitesse des projectiles. Le projectile devait rompre successivement deux courants en relation avec deux compteurs marchant d'un mouvement uniforme. L'intervalle de temps, employé par le projectile pour franchir la distance des deux cadres, se trouvait mesuré sur les cadrans par l'arrêt successif et automatique des deux aiguilles. Un mécanicien de Reutlingen, nommé Hipp, imagina un perfectionnement de la partie mécanique de l'appareil Wheatstone, sans rien changer, d'ailleurs, à la disposition de la partie électro-magnétique.

Depuis lors les inventeurs ont imaginé un grand nombre de chronoscopes ou chronographes de plus en plus précis, et aujourd'hui on est arrivé à pouvoir apprécier des durées inférieures même à 1/100000 de seconde. Suivant l'usage auquel ils sont destinés ces appareils présentent des dispositions différentes destinées à faciliter les observations mais le principe sur lequel est basé leur fonctionnement reste toujours le même: dans les uns, on a recours pour la mesure du temps, aux oscillations d'un pendule, dans les autres à la chute verticale ou oblique d'un corps; dans d'autres enfin, et ce sont les plus répandus aujourd'hui, au mouvement de rotation d'un cylindre. On a aussi cherché, mais sans grand succès, à utiliser pour apprécier le temps, soit la décomposition de l'eau ou d'un sel coloré par un courant électrique, soit la déviation de l'aiguille d'un galvanomètre. Quant à l'enregistrement automatique des instants correspondant aux différentes phases du phénomène à observer, il peut être obtenu, soit au moyen d'organes mécaniques, soit au moyen d'un électro-aimant activant un style, soit encore au moyen de l'étincelle d'induction.

Nous allons passer rapidement en revue les principaux de ces appareils en les groupant suivant le but pour lequel ils ont été construits et les classant, autant que possible, par ordre de date.

Balistique. Quelque soit l'appareil employé, lorsqu'il s'agit de mesurer la vitesse d'un projectile en un point quelconque de sa trajectoire dans l'air, on place sur le trajet du projectile, à des distances convenables de la bouche à feu, deux cadres verticaux sur chacun desquels est tendu un réseau de fils métalliques très fins, parcouru par un courant électrique; le passage du projectile provoque la rupture successive des deux courants et produit ainsi deux signaux qui permettent de calculer le temps employé par le projectile pour aller d'un cadre à l'autre. Connaissant la distance de ces cadres à la bouche de la pièce

et leur écartement, on en déduit par une simple division la vitesse moyenne du projectile au milieu de leur intervalle.

Si, au contraire, on veut étudier le mouvement d'un projectile à l'intérieur d'une bouche à feu, on provoque la production de signaux électriques par la rencontre de ce projectile avec des interrupteurs spéciaux que l'on a placés en différents points de l'âme.

Le premier appareil électro-balistique et le seul employé jusque vers 1870 au service courant de la mesure des vitesses des projectiles de l'artillerie est le chronoscope du capitaine Navez, de l'artillerie belge, qui, inventé en 1847, fut perfectionné en 1864 par le colonel Leurs. Dans ces appareils, de même que dans le chronoscope imaginé en 1859 par le colonel américain Benton et dans le chronographe-pendule Caspersen, encore en usage en Danemark, on a eu recours à l'emploi de un ou deux pendules pour la mesure du temps.

Le premier chronographe fondé sur la loi de la chute des corps a été établi, en 1862, par M. Le Roux, répétiteur à l'Ecole polytechnique, pour la détermination expérimentale de la vitesse de propagation d'un ébranlement sonore dans les tuyaux cylindriques, mais il aurait pu s'appliquer également aux expériences balistiques. Il se composait essentiellement d'une grande règle en bois recouverte d'une plaque métallique, qui, suspendue verticalement, était abandonnée à elle-même au moment où se produisait le phénomène et tombait librement suivant la loi connue de la chute des corps. A chaque interruption d'un courant, parcourant le fil inducteur d'une bobine de Ruhmkorff une étincelle jaillissait entre la surface métallique de la règle convenablement préparée et une pointe métallique maintenue en regard dans une position fixe. Les traces laissées sur la règle par les étincelles faisaient connaître la position exacte de la règle dans sa chute au moment de chaque rupture du courant.

Le chronographe imaginé en 1874 par le lieutenant Watkin de l'artillerie anglaise pour la mesure de la vitesse des projectiles est basé sur le même principe.

Le colonel Sebert, de l'artillerie de la marine française, a fait construire, en 1878, dans les ateliers de H. Bianchi, un chronographe de chute à enregistrement électro-magnétique. Les montants de l'appareil sont garnis de règles métalliques recouvertes de noir de fumée, le poids mobile porte un certain nombre d'enregistreurs électro-magnétiques Marcel Deprez, dont il sera question plus loin à propos des perfectionnements apportés au chronographe Schultz, que des fils flexibles relient, sans gêner le mouvement du poids, aux appareils dont on veut enregistrer les signaux.

Les plumes dont sont munies les armatures de ces enregistreurs tracent sur la surface noircie des règles des traits verticaux très fins, lorsque le poids est en mouvement ; quand un des courants qui animent les enregistreurs vient à être interrompu l'armature entraîne la plume qui, après avoir produit un petit crochet, trace un nouveau trait parallèle à quelques millimètres de la ligne qu'il suivait précédemment. La position de ces crochets, par rapport au point de départ, permet de calculer le temps écoulé entre la production du signal correspondant et le moment où le poids a commencé son mouvement. Un diapason vibrant, qui est entraîné par le poids dans sa chute et dont l'une des branches est munie d'une plume, produit sur le noir de fumée un tracé sinusoïdal dont les ondulations successives représentent chacune le parcours du poids pendant une unité de temps égale à la vibration du diapason.

Mais cet appareil est un peu délicat et compliqué, aussi lui préfère-t-on pour les expériences usuelles le chronographe Le Boulengé qui joint à une grande simplicité et à un maniement facile une précision bien suffisante dans la plupart des cas. Cet appareil a été établi par le major de l'artillerie belge, Le Boulengé ; le premier type date de 1863, le dernier modèle, construit en 1869, est en service actuellement dans les commissions d'expériences de presque tous les pays. Deux tiges cylindriques sont suspendues verticalement au moyen d'électro-aimants animés respectivement par les courants qui traversent les cadres-cibles. L'une des tiges, appelée *chronomètre*, beaucoup plus longue que l'autre, se détache lors du passage du projectile à travers le premier cadre et tombe librement ; la seconde tige se détache lors du passage du projectile à travers du second cadre, tombe de la même façon et rencontre dans sa course un déclic dont elle provoque le départ. Ce déclic lance horizontalement une lame tranchante qui vient frapper la première tige, toujours en mouvement, en un certain point de sa longueur. La position de la marque ainsi faite, permet, connaissant la loi de la chute des corps, de déterminer le temps pendant lequel le chronomètre est tombé en chute libre. Pour en déduire le temps qui sépare les instants des chutes des deux tiges, il faut connaître le temps que met la seconde tige à franchir l'intervalle qui la sépare du déclic et le temps de fonctionnement de ce déclic même. Pour obtenir cette mesure, on rompt simultanément les courants des deux électro-aimants, à l'aide d'un appareil spécial qu'on appelle *disjoncteur* ; le déclic inscrit alors sur le chronomètre une seconde marque, dite *marque de disjonction*, que l'on prend pour origine des longueurs de chute ; de l'écartement de ces deux marques on déduit, corrigées de tout retard de fonctionnement de l'appareil, les durées de parcours entre les cadres. Des opérations analogues sont également nécessaires avec certains autres chronographes pour faire disparaître les erreurs dues aux retards de fonctionnement des différentes parties de leur mécanisme ; cette méthode, dite de disjonction, a été imaginée pour la première fois, en 1847, par le capitaine Navez qui l'appliqua à son chronoscope.

Une règle graduée en cuivre avec curseur qui accompagne le chronographe Le Boulengé, permet, pour un espacement fixe des deux cadres-cibles correspondant à 50 mètres de supprimer tout calcul ; l'une des graduations indique les hauteurs

de chute, l'autre placée en regard indique les vitesses correspondantes.

En 1865, le capitaine Le Boulengé a fait également construire un autre appareil, qu'il appela *clepsydre-électrique*, dans lequel le chronomètre était constitué par un système d'organes produisant l'écoulement régulier d'un liquide, en sorte que le temps était évalué par le poids de liquide qui s'était écoulé pendant l'intervalle à mesurer.

La plupart des appareils dont il a été question jusqu'ici, et en particulier le chronographe Le Boulengé, ne permettent de mesurer, pour un même projectile, que la vitesse en un seul point de sa trajectoire et seraient ainsi tout à fait insuffisants dans l'étude de la balistique intérieure, étude pour laquelle il faut un appareil capable d'enregistrer, pour un même coup, les vitesses en 8 ou 10 points de la longueur de l'âme, soit une vitesse à chaque millième de seconde.

Dès 1843, le capitaine Kenstantinoff avait fait construire un chronographe permettant de mesurer la durée du trajet d'un projectile dans diverses parties de la trajectoire. Le capitaine Martin de Brettes fit subir, en 1847, plusieurs modifications à cet appareil sans réussir à le rendre bien pratique. En 1865, Bashfort, professeur de mathématiques appliquées à l'Ecole d'artillerie de Woolwich, établit, dans le but de déterminer la résistance opposée par l'air au mouvement des projectiles, un chronographe susceptible d'enregistrer les instants des passages successifs d'un même projectile au travers de cadres-cibles en nombre supérieur à deux.

Quelques années plus tard, le capitaine Noble, de l'artillerie anglaise, voulant mesurer les vitesses d'un projectile en certains points de l'âme pour en déduire ensuite, par le calcul, les pressions nécessaires pour imprimer au projectile les vitesses observées, imagina un chronoscope destiné à la mesure d'intervalles de temps très minimes. L'appareil se compose de plusieurs disques métalliques montés sur un même arbre horizontal et animés par l'intermédiaire de rouages et de poids d'un mouvement de rotation rapide entretenu aussi régulier que possible.

Près de la tranche de chacun de ces disques se trouve placée une pointe métallique communiquant avec un circuit électrique induit correspondant à un circuit inducteur qui se trouve rompu lors du passage du projectile en un certain point de l'âme. La rupture du courant détermine la production d'une étincelle ; les disques tournant avec une vitesse connue, les écarts angulaires entre les traces ainsi laissées sur la tranche des disques permettent de mesurer le temps écoulé entre chaque étincelle.

Le chronographe Siemens, qui a été fort employé en Allemagne, et celui du capitaine Martin de Brettes de l'artillerie française, construit en 1859, étaient également basés sur l'emploi d'une étincelle d'induction laissant une trace sur un cylindre animé d'un mouvement de rotation.

Vers 1860, le capitaine Schultz, de l'artillerie française, fit construire un chronographe bien supérieur aux précédents. Cet appareil se compose d'un cylindre métallique horizontal pouvant recevoir un mouvement de rotation au moyen d'un système d'engrenages qui le mettent en relations avec un poids moteur. La vitesse imprimée à ce cylindre peut être connue, à chaque instant, avec une précision extrême, grâce à l'emploi d'un diapason vibrant, dont le mouvement est entretenu électriquement et dont l'extrémité porte une plume qui laisse sur le cylindre des traces sinusoïdales, dont chacune représente 1/500 de seconde. Pour que ces traces ne se recouvrent pas le cylindre, tout en tournant, est animé d'un léger mouvement de translation. A la suite de longues études entreprises depuis 1872, des modifications importantes ont été apportées à cet instrument par un ingénieur, M. Marcel Deprez, et par le colonel Sebert. Dans le chronographe Schultz primitif, l'enregistrement était produit par l'étincelle d'induction, mais ce mode d'enregistrement n'a pas toute la précision nécessaire, parce que l'étincelle, au lieu d'éclater suivant la normale entre le cylindre et la pointe, éclate en divers sens ; de plus il arrive souvent qu'elle est accompagnée d'autres petites étincelles parasites dues à ce que la décharge du fil induit n'est pas instantanée ; de là des incertitudes dans la position exacte du point. Pour avoir des étincelles bien nettes il faut employer un courant suffisamment fort, dont l'intensité reste constante, ou mieux encore se servir, comme l'avait fait Noble, d'un nombre de bobines égal au nombre de signaux que l'on veut obtenir, ce qui complique beaucoup l'appareil. Les enregistreurs électro-magnétiques eussent été préférables, mais ils présentaient alors de graves inconvénients, lorsque l'on voulait mesurer des temps très petits, par suite du magnétisme rémanent qui est variable avec l'intensité des courants et avec le temps pendant lequel ils ont passé dans les bobines. M. Marcel Deprez, ayant trouvé le moyen de construire des électro-aimants enregistreurs, dans lesquels la période d'aimantation et de désaimantation se trouve considérablement réduite, les adapta au chronographe Schultz. Les électro-aimants, de dimensions très petites, sont munis d'armatures plus petites encore avec une plume excessivement flexible et légère, et pourvus d'un dispositif pour régler la force antagoniste appliquée à l'armature, de façon à permettre d'amener cette force à faire presque équilibre à l'attraction magnétique, de telle sorte que le déclanchement ait lieu aussitôt que l'attraction se trouve légèrement réduite, et dans les premiers instants qui suivent la rupture du courant.

Le chronographe Schultz perfectionné, à diapason et enregistreurs électro-magnétiques, construit dans les ateliers de M. Dumoulin-Froment, pour le service de l'artillerie de la marine, a reçu le nom de chronographe Marcel Deprez et Sebert ; il permet d'apprécier des temps excessivement petits, 1/100000 de seconde et même plus. On peut s'en servir pour enregistrer les indications fournies par un appareil spécial, nommé balance manométrique, dû également à M. Marcel Deprez, avec lequel on mesure directement les pressions développées dans l'âme d'une bouche à feu.

Pour terminer, citons encore un autre appareil, le *vélocimètre*, imaginé en 1878 par le colonel Sebert. Cet appareil se compose d'un ruban d'acier recouvert de noir de fumée qui est entraîné par l'affût dans son recul ; un diapason vibrant disposé dans une position fixe au-dessus du ruban, trace sur ce ruban, lorsqu'il est en mouvement, une sinusoïde qui permet d'étudier la loi du mouvement du recul du canon. On peut, en même temps, utiliser le vélocimètre, au lieu et place d'un chronographe, pour mesurer les vitesses du projectile, il suffit d'y ajouter des enregistreurs Marcel Deprez que l'on met en communication, soit avec des interrupteurs placés dans l'âme de la pièce, soit avec les cadres-cibles disposés en avant.

Astronomie. Grâce à l'emploi des chronographes électriques, au lieu d'apprécier à l'oreille, en écoutant les battements d'un pendule suivant l'ancienne méthode, le moment où un astre passe devant les fils d'une lunette, on pointe le moment du passage en appuyant sur un bouton en relation électrique avec un appareil enregistreur sur lequel le temps est également enregistré automatiquement.

Dans le chronographe du colonel Strange, dont les premiers modèles ont été construits pour le ministère des Indes britanniques, par M. Hardy, un rouage mû par un poids fait tourner un cylindre d'un mouvement parfaitement uniforme; ce résultat est obtenu à l'aide d'un régulateur isochrone Foucault. Des pointes, montées sur un chariot à galets, se déplacent petit à petit le long du cylindre pendant son mouvement de rotation. L'une de ces pointes, en relation avec un pendule astronomique, marque les secondes sur un papier enroulé autour du cylindre, tandis que l'autre pointe marque les observations astronomiques faites, même à très grande distance, dans la ville dont on veut déterminer la longitude.

Le chronographe Liais, construit par M. Deschiens et employé à l'observatoire de Rio de Janeiro, se compose d'un plateau circulaire horizontal, animé d'un mouvement de rotation, sur lequel se trouve le papier destiné à l'enregistrement. Deux styles verticaux, se déplaçant suivant un rayon, y tracent chacun une spire. Le premier style, en communication électrique avec un pendule, décrit un tracé continu sauf des crochets qui indiquent le commencement de chaque seconde. Le second style commandé par le tope de l'observateur marche à côté du premier et trace aussi un trait continu dont les crochets indiquent les différentes phases du phénomène observé; de la comparaison des deux tracés on déduit l'instant où elles se sont produites.

M. Bréguet a construit un chronographe à trois plumes, beaucoup plus simple et qui inscrit ses indications sur une bande semblable à celle du télégraphe Morse, avec lequel l'appareil présente une certaine ressemblance extérieure. L'une des plumes obéit à l'observateur qui peut ainsi inscrire le commencement et la fin du phénomène, dont les indications fournies par une horloge astronomique à rhéotome, permettent d'apprécier la durée.

M. Hipp, de Neufchâtel, a également construit un chronographe à plumes qui figurait, comme les précédents, à l'Exposition universelle de 1878.

A l'Observatoire météorologique de Montsouris, l'heure est enregistrée électriquement à la surface de tous les appareils enregistreurs par une même horloge; une aiguille fixée à l'armature d'un électro-aimant appuie constamment sur un cylindre et y trace une ligne de repère qui n'est interrompue que lorsque l'horloge vient à intervalles réguliers, tous les quarts d'heure, par exemple, produire un contact électrique qui anime l'électro-aimant et l'oblige à écarter momentanément l'aiguille de sa position. Quand elle y est revenue, elle a marqué sur la surface du cylindre un petit crochet. Les contacts électriques, établis par l'horloge, peuvent l'être également par un bouton sur lequel on n'a qu'à appuyer pour qu'un signal marqué sur le cylindre indique exactement à quel moment on a appuyé.

Physiologie. Le principe de la méthode adoptée pour mesurer la vitesse de propagation des excitations nerveuses est basé sur le fonctionnement automatique d'un chronographe pendant le temps qui sépare l'excitation de la réaction. Nous ne nous occuperons pas de cette question, étrangère à notre programme.

Bibliographie : Etudes sur les appareils balistiques, par Sebert, lieutenant-colonel d'artillerie de la marine et de Poyen, chef d'escadron d'artillerie de marine (Extrait du *Mémorial de l'artillerie de la marine*). *La méthode graphique et les appareils enregistreurs : leurs applications aux sciences physiques, mathématiques et biologiques*, par M. le docteur Gustave Le Bon, t. VII des *Etudes sur l'Exposition de 1878*, Paris, Lacroix.

CHRONOMÈTRE. Le Dictionnaire de la langue française, au mot *chronomètre* (formé des deux mots grecs : *chronos*, temps; et *metron*, mesure) dit : nom générique des instruments qui servent à mesurer le temps. Particulièrement sorte de montre très exacte qu'on emploie pour des observations scientifiques. Cette définition a moins de précision que ne l'exige un chronomètre; car si la montre à longitudes et l'horloge en bois ont le même but : mesurer le temps, il est hors de doute qu'elles s'acquittent de cette fonction si différemment que l'on ne peut, sans blesser la logique, ranger la seconde dans la catégorie de la première.

La confusion provoquée par cette définition douteuse est profitable aux marchands peu délicats. Elle va même si loin aujourd'hui, que l'on voit couramment des prospectus baptiser du nom de chronomètres des produits de la basse pendulerie et que des trafiquants gravent, sans scrupule, sur des montres ordinaires, les désignations de chronomètre, ou de *demi-chronomètre*, ce qui est absurde, car demi-chronomètre a le même sens que demi-montre.

Quelle que soit l'étymologie du mot *chronomètre*, il ne doit être appliqué aujourd'hui qu'aux instruments de précision répondant aux exigences de la science et qui, par leur composition et leur exécution, satisfont aux conditions et possèdent les éléments qui vont être énumérés un peu plus bas.

Le premier emploi du mot chronomètre a été fait par Graham, célèbre horloger anglais, qui

appela de ce nom une petite pendule portative marquant les tierces. J.-J. Rousseau, dans son *Dictionnaire de musique*, s'en servit pour désigner un appareil à battre la mesure. Sous l'inspiration d'un amateur, Davaux, A. Breguet réalisa cet appareil et l'appela *chronomètre musical* (1784). Vers la même époque, on imagina pour le même objet le *plexichronomètre*, mot qui signifie *battement de la mesure du temps*.

Ces appareils, ayant été avantageusement remplacés par le métronome de Maetzel, disparurent de la fabrication, mais le mot *chronomètre* resta et fut dès lors adopté pour dénommer les machines horaires destinées aux savants, aux astronomes, aux marins et qui étaient primitivement désignées par les noms d'*horloges marines* ou de *garde-temps*.

Il y en a aujourd'hui de deux sortes : le *chronomètre de bord*, ou la *montre-marine* à suspension, et le *chronomètre de poche;* qui n'est qu'un chronomètre de bord réduit aux dimensions et à la forme d'une forte montre.

Le chronomètre de poche ressemble donc à une grosse montre, mais une montre, quelconque, fût-elle une pièce dite de précision, n'est véritablement *un chronomètre,* comme on l'a fait remarquer plus haut, que si elle possède les organes et les éléments de régularité de marche, dont voici l'énumération :

1° Balancier compensateur — V. Balancier;
2° Spiral isochrone (ressort-réglant);
3° Échappement libre à détente;
4° Force motrice se distribuant avec régularité et entre des limites d'écart telles, que l'isochronisme du spiral n'en puisse être affecté;

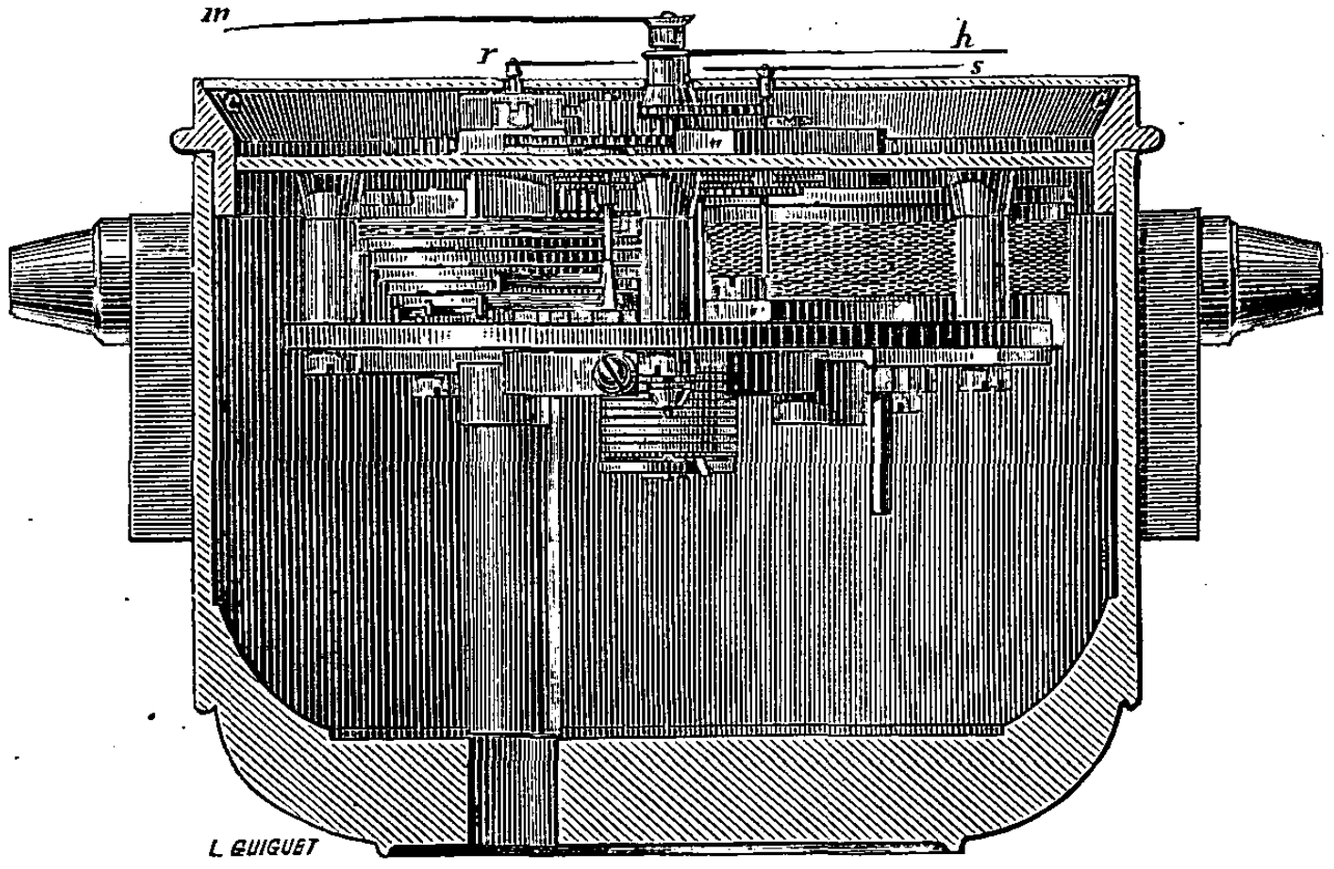


Fig. 233. — *Chronomètre de marine dans sa botte à suspension.*

5° Exécution des organes mobiles : rouage, etc., assez parfaite, pour assurer leur bon fonctionnement et l'intégrité de leur état présent, pendant une certaine durée de temps.

Toutes ces conditions réalisées, la pièce ne méritera le nom de *chronomètre* que si, après avoir été soumise à des épreuves rigoureuses de réglage, elle a triomphé et de façon à ne donner, comme écarts de réglage, en vingt-quatre heures, que des différences de quelques dixièmes de seconde.

On le voit le nom de *chronomètre* appliqué à des montres, hors de ces conditions, et même fussent-elles excellentes, est presque une fraude commerciale.

Description d'un chronomètre. La figure 233 représente, vu de profil, le mouvement ou mécanisme placé dans sa boîte, et seulement la section verticale de cette boîte, afin de laisser voir le mouvement qui y est enfermé. Les deux tourillons de la boîte pivotent dans le cercle intérieur d'une suspension à la cardan, et par suite, l'ensemble conserve constamment la position horizontale, quelles que soient les agitations que subisse le navire. Une masse fixée à vis à l'intérieur de la boîte, masse qui n'est pas représentée sur cette figure, met le tout en parfait équilibre sur ses tourillons.

La lunette ou couvercle portant le verre, et qu'on n'a pas figurée ici, s'emboîte sur le collier à rebord indiqué intérieurement par les lettres *c, c.*

Le mécanisme, vu entre les platines de l'appareil, comprend le moteur, le rouage mis en mouvement par ce moteur et agissant sur l'échappement, dont la roue actionne, à intervalles égaux, le balancier compensateur, qui, à l'aide du spiral hélicoïde, régularise la marche du rouage, en oscillant régulièrement de gauche à droite et *vice versa*. Au-dessus du cadran *c c*, vu en coupe verticale, on voit l'aiguille des heures *h*; des minutes *m*; des secondes *s*. En *r* est placée l'aiguille indicative du développement du ressort-moteur. Au-dessous on aperçoit la minuterie, petit système d'engrenages qui opère la liaison entre le mécanisme intérieur et les aiguilles d'heures, de minutes, de secondes, qui en reçoivent le mouvement. Le long tube, vu à gauche, enferme le carré de l'axe de la fusée, par lequel se remonte le

ressort-moteur. Pour cette opération on retourne le chronomètre sur sa suspension.

Le ressort-moteur est enroulé à l'intérieur du barillet B, tambour mobile sur un axe fixe *b*. Ce ressort est accroché par une extrémité à cet axe *b*, et par l'autre extrémité à un crochet fixé à l'intérieur du tambour (fig. 234). Le couvercle du barillet a été enlevé afin de laisser voir le jeu du moteur.

Le barillet est relié à la fusée *f* F R, première, roue du rouage par une chaîne formée de maillons d'acier, et de telle façon que lorsqu'on fait tourner le carré *f* de la fusée, la chaîne s'enroule dans le pas ou rainure en hélice, creusée sur le cône tronqué F C, partie supérieure de la fusée ; lequel cône, monté à encliquetage sur la roue R, peut tourner dans le sens voulu, indépendamment de

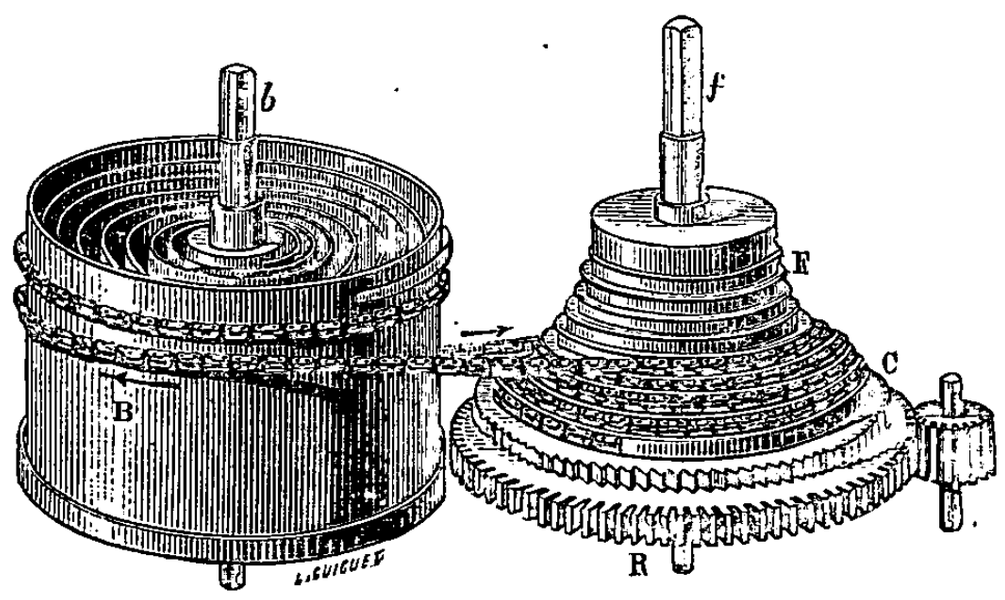


Fig. 234. — *Ressort moteur, barillet et fusée de chronomètre.*

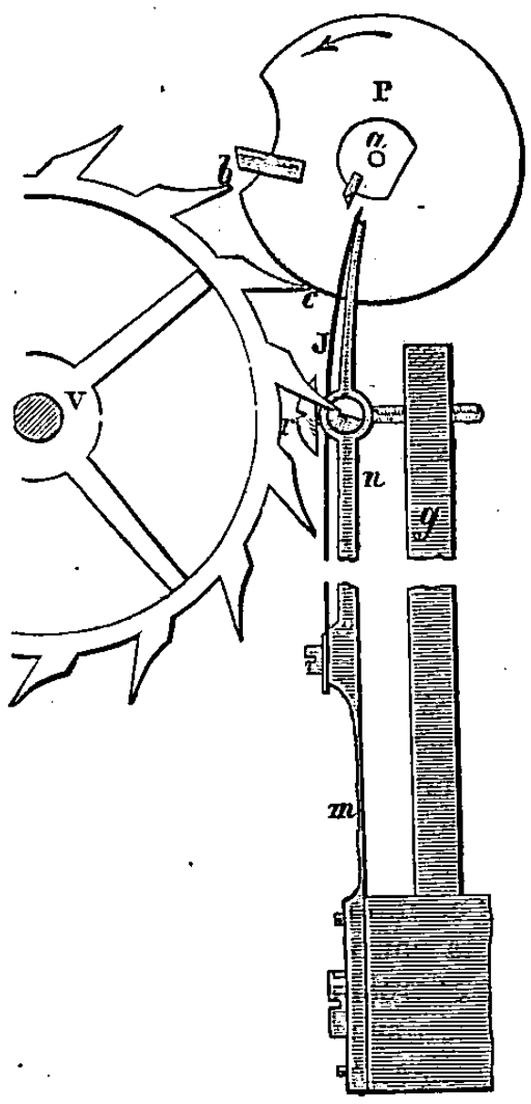


Fig. 235. — *Échappement de chronomètre.*

cette roue R, formant son soubassement. Cette opération a bandé le ressort-moteur et sa réaction élastique, par l'intermédiaire de la roue R, met en mouvement le rouage dont la dernière roue est V (fig. 235).

Le profil du cône FC doit être tel que ses rayons successifs décroissent en raison inverse de la puissance du ressort, ce qui procure cet avantage d'une force motrice sensiblement égale du haut au bas de la bande du ressort. M. Résal, de l'Institut, a publié un savant travail sur la courbe que doit affecter le profil de la fusée, nous y renvoyons.

Dans certains chronomètres la chaîne s'enroule en sens inverse sur le barillet, le ressort disposé *ad hoc*. Cette disposition, qu'une flèche indique, dans la figure 234, offre un petit avantage mécanique, en plaçant le tirage de la chaîne entre les axes de la fusée et de la roue du centre.

La figure 235 représente l'ensemble de l'échappement à détente-ressort, le plus généralement employé en chronométrie. La détente *n m*, flexible en *m*, prend un point d'appui sous la tête de la vis *r*. Cette détente porte un petit ressort dit de *dégagement* J, et dans le corps de la pièce est incrusté un petit cylindre en rubis ou saphir, dont la partie supérieure est coupée longitudinalement jusqu'à moitié, et présente ainsi une surface plane de repos sur laquelle s'arrête une dent de la roue d'échappement V.

Fonctionnement de l'échappement. L'axe du balancier porte : 1° un anneau *a*, dans le rebord duquel est encastrée une petite palette en pierre dure, et taillée en biseau, dite *doigt* de dégagement, 2° un plateau circulaire P portant également, vers *b*, une palette en pierre, appelée *levée d'impulsion*.

De cette disposition résulte que lorsque le balancier accomplit un mouvement de rotation sur lui-même dans le sens de la flèche, le petit doigt de *a*, en pressant sur l'extrémité du ressort J, fait fléchir la détente vers la droite, la roue V, actionnée par le rouage, échappe alors à son plan de repos et se met en mouvement, au moment même ou la palette de P se trouve légèrement en avant de la dent *b*, il en résulte que cette dent tombe sur la palette et la poussant devant elle, donne une impulsion au balancier lui restituant ainsi la force qu'il a perdue dans l'oscillation et qui est nécessaire à l'entretien de son mouvement. Puis la roue V s'arrête, quand sa dent *c* s'appuie sur le repos. La dent en arrière de *b*, a pris alors la place de celle-ci.

Le balancier ayant achevé une oscillation revient, ramené par le spiral, alors la petite palette de *a* soulève le ressort J et passe outre. Tout reste en l'état jusqu'au retour du balancier qui en produisant une flexion de la détente, opèrera un nouveau dégagement de la roue et ainsi de suite.

Il n'y a ainsi qu'une impulsion donnée au balancier pour deux oscillations de celui-ci.

Fonction du spiral. Le spiral, comme on le sait, est un fil méplat d'acier, roulé en hélice, et que la figure 236 nous montre en élévation et en plan. Une extrémité est attachée à la platine du chronomètre et l'autre extrémité est fixée dans la petite pièce accessoire, dite *la virole*, et vue en *a*, pièce qui s'ajuste sur l'axe du balancier. On voit,

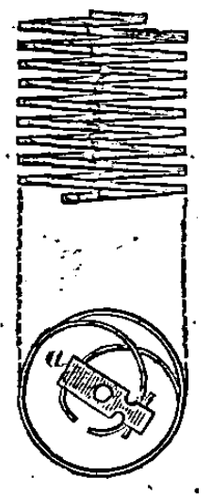


Fig. 236. — *Spiral ou ressort-réglant des chronomètres.*

comme il a déjà été dit, que lorsqu'on donnera à ce balancier un mouvement angulaire, il reviendra sur lui-même par l'effet de la réaction élastique du spiral et oscillera de côté et d'autre.

Les extrémités de ce spiral doivent être ramenées près du centre, selon une courbe scientifique dont on doit la savante théorie à M. Phillips, de l'Institut (*Mémoire sur le spiral réglant des chronomètres*).

La propriété de ces courbes est de rendre toutes les oscillations du balancier isochrones; c'est-à-dire d'égale durée en temps, quelle que soit leur étendue en chemin parcouru. On peut obtenir l'isochronisme des oscillations, sans courbes terminales, selon la méthode de Pierre Le Roy qui, le premier, réalisa l'isochronisme par le spiral, sans ces courbes l'emploi de celles-ci a néanmoins prévalu.

Le balancier compensateur des écarts de la température le plus communément employé, a été décrit au mot BALANCIER. Nous y renvoyons, tout en complétant l'article par quelques explications. Les masses rondes sont destinées à annuler les effets de la température sur le balancier et sur son spiral (*masses compensatrices*), et les vis ont pour objet de faciliter le réglage en permettant de modifier son moment d'inertie. Elles sont appelées vis *réglantes*. M. Villarceau, de l'Institut, a publié la théorie mathématique de ce dispositif.

Ce balancier, en outre qu'il subit l'action de la force centrifuge, qui fait *ouvrir* ses bras dans les grandes oscillations plus que dans les petites, ce qui est une cause de perturbation de l'isochronisme, ne compense qu'imparfaitement les écarts produits par les différentes températures auxquelles sont soumis et le spiral et le balancier. Tandis que l'action de la température sur le spiral a lieu suivant une progression arithmétique, cette même action fait varier le moment d'inertie du balancier selon une progression géométrique, qui ne concorde pas avec l'action de la température sur le spiral; d'où s'ensuit qu'un chronomètre réglé à la température moyenne de 15° retardera aux deux températures extrêmes 0° et 30°; parce que le mouvement de ses masses a été insuffisant.

On a donc cherché à obtenir, par de nouvelles combinaisons mécaniques, un dispositif remplaçant le balancier en usage, et donnant un supplément de compensation aux températures extrêmes (la *compensation additionnelle*), tout en offrant une plus grande résistance à l'action de la force centrifuge.

De là ont pris naissance un grand nombre de balanciers nouveaux; quelques-uns ont été essayés, avec succès, mais nous n'en parlerons point

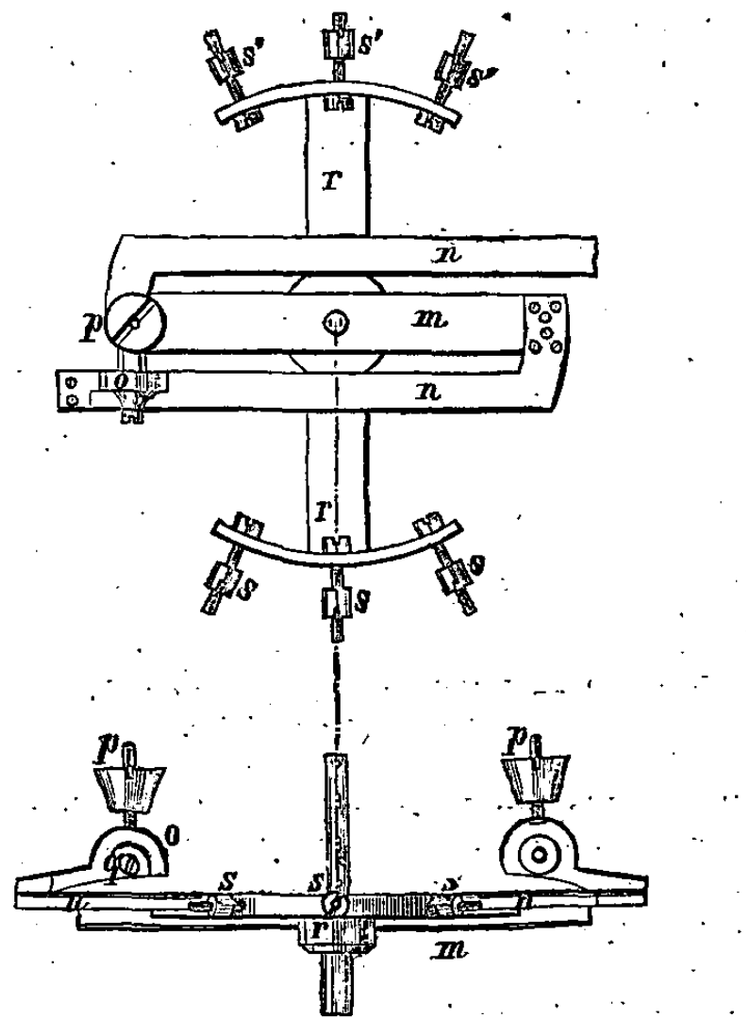


Fig. 237. — *Balancier de chronomètre corrigeant l'erreur des températures extrêmes.*

nous bornant à décrire celui de M. Callier dont le chronomètre a été primé au dernier concours du Dépôt de la Marine, et que la figure 237 représente, partiellement en plan, et complètement en élévation. Nous énumérons ci-dessous les différentes pièces de ce balancier :

m, barre centrale bimétallique (cuivre en dessus et acier en dessous), formant la partie principale du balancier. — *n*, *n*, barrettes bimétalliques (acier en dessus et cuivre en dessous), reliées de part et d'autre par un coude à la barre *m* et conservant une extrémité libre. — *o*, pièce avec support, fixée à chaque extrémité libre des barrettes *n*, *n*. — *p*, vis portant une masse conique en platine et placée à un angle de 90° sur le support en saillie de la pièce *o*; la masse en platine (masse de compensation) forme écrou sur la vis et peut être descendue ou montée à volonté. — *q*, vis servant d'axe de rotation à un cylindre qui porte la vis *p*; cette vis *p* et sa masse pourrait donc tourner avec le cylindre qui les porte et prendre diverses inclinaisons. *rr*, barrette en acier supportant les écrous *s*, *s*, *s*, *s'*, *s'*, *s'*, destinés à régler la montre au temps

moyen et à équilibrer le balancier (*petites masses réglantes*).

Ce nouveau balancier subit fort peu l'influence de la force centrifuge et, le mouvement de ses masses compensatrices, du chaud au froid et *vice versa*, résultant de l'action de la température sur l'ensemble et surtout sur les barrettes bi-métalliques, donnant un supplément de compensation aux températures extrêmes, réalise il un sérieux progrès.

Note sur les propriétés de la fusée. L'ensemble est formé : d'un cône tronqué faisant corps avec l'axe *f* (fig. 234 et 238) ; d'une petite roue-à-rochet A (fig. 238), fixée à l'intérieur et sous la base du cône ; contre ce rochet sont en action les deux cliquets *c* et *d*, portés par la grande roue-à-rochet B, placée au-dessous de A. Sur le contour de B agit un grand cliquet à ressort G, ayant son centre de mouvement sur la platine, et enfin, complétant

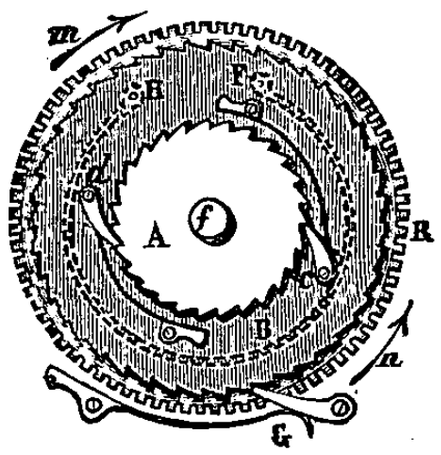


Fig. 238. — *Intérieur d'une fusée de chronomètre à ressort auxiliaire.*

l'ensemble, au-dessous de B se trouve la roue R qui transmet au rouage l'action du moteur. Pour que cette roue, qui est folle sur son axe, produise cet effet, elle a été reliée à la grande roue à rochet B, par un ressort d'acier HF, placé entre les deux roues (il est figuré en pointillé) et dont une extrémité est fixée au grand rochet B et l'autre extrémité à la roue R.

Il résulte de cette disposition de la fusée deux effets : 1° quand on remonte le chronomètre, le cône sur lequel s'enroule la chaîne tourne indépendamment de sa base ; 2° lorsque le rouage est en mouvement, le ressort HF est bandé dans une certaine mesure, et c'est alors qu'il produit l'entraînement de la roue R.

Quand on remonte le chronomètre le mouvement de l'axe de la fusée, se faisant en sens contraire de la marche normale du rouage, il y aurait arrêt de celui-ci, si un excédent de tension du ressort HF (bien qu'il se détende cependant d'une certaine quantité), ne suffisait amplement à faire marcher le rouage pendant la durée du remontage.

Usage du chronomètre. Lorsqu'on se dirige vers l'Orient on a le midi plus tôt de la quantité de degrés, réduits en temps, dont on se trouve avancé dans cette direction. L'effet inverse a lieu si on marche vers l'Occident. Par suite, si à bord d'un navire on possède un chronomètre d'une marche sûre et réglée, par exemple, sur l'heure de l'Observatoire de Paris, on connaîtra la longitude du lieu où l'on se trouve, par la différence des états de l'heure du lieu (obtenue par l'observation du passage du soleil au méridien, à l'aide du cercle-à-réflexion ou du sextant), et de l'heure simultanée de Paris (conservée par le chronomètre), en ajoutant à l'état constaté au départ, la marche diurne initiale multipliée par le nombre de jours écoulés.

On peut avec les chronomètres évaluer la durée du temps en *dixièmes* de secondes et même l'évaluer à trois ou quatre *centièmes* de secondes près. — C. S.

***CHRONOMÉTRIE.** *T. de phys.* Science de la mesure du temps. Plus particulièrement l'art de fabriquer des chronomètres.

***CHRONOSCOPE, CHRONOSCOPIE.** Syn. de *chronomètre, chronométrie,* désignent plus particulièrement des compteurs de petites fractions de temps. — V. Horlogerie.

***CHRYSANILINE.** C'est une matière colorante orangée qui se forme en petite quantité dans la fabrication de la fuchsine. L'azotate de chrysaniline est connu dans le commerce sous le nom de *phosphine*. C'est une belle matière colorante, qui teint directement la laine et la soie sans mordant, mais qui est malheureusement d'un prix trop élevé (de 100 à 120 francs le kilogramme) pour recevoir des applications industrielles importantes.

***CHRYSO.** *T. de bijout.* Nom que les bijoutiers en doublé donnent au métal qui forme avec l'or la base de leur fabrication. — V. Bijouterie, § *Bijouterie en doublé.*

***CHRYSOBÉRIL.** *T. de minér.* Syn. : *cymophane, chrysolithe orientale,* minéral d'un vert jaunâtre pâle, parfois jaune ou d'un vert foncé avec nuances bleuâtres, dichroïte, d'une densité de 3,689 à 3,733, raie la topaze et les spinelles. Sa dureté = 8,5, transparent ou translucide, rarement opaque, cristallise dans le système ortho-rhombique, présentant souvent des macles.

Le chrysobéril est un aluminate de glucine inattaquable aux acides et infusible au chalumeau, il se trouve en cristaux disséminés dans le granite, le gneiss, le micaschiste ou en cristaux, roulés dans des sables provenant de la désagrégation de ces roches, à Ceylan, Bornéo, au Brésil, en Allemagne, en Sibérie, aux monts Ourals, etc.

CHRYSOCALE. *T. techn.* Alliage imitant l'or. Le chrysocale a une belle couleur jaune et prend très bien la dorure. Sa composition est généralement celle-ci : cuivre 92, zinc 6, étain 6. Dans certains cas cette composition est ainsi modifiée : cuivre 90,4, zinc 8, plomb 1,6. (V. Alliages de cuivre.) Quelques autres variétés de laiton ressemblent au chrysocale et sont employées aux mêmes usages. On les nomme *similors*. L'alliage varie entre 80 et 88 de cuivre et 20 à 12 de zinc. L'addition de plomb donne à ces alliages, après qu'on les a polis, l'aspect de l'or vert. || *T. de minér.* Le chrysocale est un minerai amorphe, compacte, vert bleuâtre, à cassure conchoïdale. Il se trouve dans les autres minerais de cuivre en petits amas. Densité : 2,26 ;

dureté 2,5. L'essai au chalumeau donne une flamme verte. Les analyses de Berthier et Kobell assignent à ce minerai la composition suivante: sur 100 parties: 34,3 de silice, 42,5 d'oxyde de cuivre, 20,5 d'eau. On trouve le chrysocale à Canaveilles (Pyrénées-Orientales); dans les mines de Turjinsk et Koliwan, en Russie; au Chili, en Saxe, en Bavière, etc. On dit aussi *Chrysocolle*.

***CHRYSOIDINE.** — V. MATIÈRES COLORANTES AZOÏQUES.

CHRYSOPRASE. *T. de minér.* Agate d'une couleur vert-pomme, due à l'oxyde de nickel, se rencontre principalement à Kosemütz, en Silésie, dans la montagne de Glasendorf et à Stacklau, près Cologne.

***CHRYSORHAMNINE.** *T. de chim.* Substance extraite par Kane des graines de Perse (*rhamnus tinctoria*) non mûres; elle forme des aiguilles d'or qui s'oxydent à l'air en donnant la *scanthorhamnine*, contenue dans le végétal parvenu à maturité. La chrysorhamnine de Kane n'a jamais été décrite par d'autres auteurs; c'était probablement de la *rhamnine*. — V. ce mot.

I. **CHUTE.** *T. de mécan.* Chemin que parcourt une roue pendant qu'une de ses dents se dégage du pignon. || *T. d'hydraul.* Chute d'eau, utilisée pour l'établissement d'un moteur hydraulique. — V. l'art. spécial. || *T. d'arch.* Bouquets pendants de fleurs ou de fruits. || Pente d'un toit. || *T. de p. et chauss.* Différence de niveau entre deux biefs consécutifs d'une rivière ou d'un canal. || *Mur de chute* : Mur construit en aval des portes d'amont d'une écluse à sas, rachetant la différence de niveau entre les deux radiers de l'écluse et du sas. || *T. techn.* Petits morceaux de drap qui restent chez les confectionneurs de vêtements après les tracés de coupe, dont on se sert pour les parties cachées des vêtements de même drap.

II. **CHUTE D'EAU.** *T. d'hydraul.* Ecoulement d'une masse d'eau dans un plan vertical ou incliné, dont la vitesse et la *force motrice* dépendent principalement de deux variables, la *masse en mouvement* ou des volumes d'eau, la *hauteur de chute*.

La relation théorique de la vitesse d'écoulement est donnée par le théorème de Torricelli : elle est égale à celle qu'acquerrait un corps grave en tombant d'une hauteur verticale mesurée par la différence entre le niveau du liquide dans le réservoir supérieur et celui du réservoir ou canal inférieur. Cette vitesse théorique est donnée par la formule $v=\sqrt{2gh}$, $g=9^{m},8088$, à Paris, h=hauteur. Appelons p le poids de la masse d'eau descendant d'une hauteur h, le travail produit sera $p\times h$; mais cette masse d'eau possède une certaine vitesse v, et par conséquent une force vive mv^2 qui lui a été communiquée par sa chute. On sait, que la *force vive*, communiquée à une masse est égale au double de la quantité du travail appliqué à cette masse. On aura donc :

$$mv^2=2ph \text{ ou } \frac{pv^2}{g}=2ph;$$

d'où $v^2=2gh$ et $v=\sqrt{2gh}$.

Voici un tableau des vitesses de chute correspondantes à des hauteurs données :

Vitesse	Hauteur	Vitesse	Hauteur	Vitesse	Hauteur
1m40	0m0999	4m43	1m0003	6m00	1m8351
1.50	0.1147	4.50	1.0322	6.50	2.1537
1.68	0.1440	4.62	1.0880	7.00	2.4978
2.00	0.2039	5.00	1.2744	7.50	2.8673
2.10	0.2248	5.20	1.3784	8.00	3.2624
2.20	0.2467	5.30	1.4319	8.50	3.6829
2.50	0.3186	5.40	1.4864	9.00	4.1290
2.80	0.3996	5.50	1.5420	9.50	4.6005
3.00	0.4583	5.60	1.5986	10.00	5.0975

On utilise rarement les chutes d'eau en chute verticale; généralement le courant est canalisé sous des formes diverses et sous des sections variées. La vitesse de chute, et par suite le travail développé est maximum en chute verticale et devient minimum ou zéro, toutes choses égales d'ailleurs, quand le bief inférieur est au niveau du bief supérieur, ou qu'il n'y a pas chute à cause de l'horizontalité du courant.

La vitesse de chute ou le travail développé varie avec la pente du canal et la masse d'eau mise en mouvement; on peut facilement calculer la vitesse et la forme motrice, la hauteur de chute, la masse d'eau, la section du canal d'écoulement étant données.

Le travail développé par la pesanteur est égal, comme nous l'avons déjà indiqué, au produit du poids de l'eau écoulée par la hauteur dont elle est descendue. Appelons q le volume d'eau en mètres cubes dépensé en une seconde, et h la hauteur de chute, le *travail absolu* sera, en kilogrammètres, $1000\times q\times h$, 1,000 kilogrammes étant le poids de 1 mètre cube d'eau. En divisant ce produit par 75 on exprimera la valeur vénale du cours d'eau en chevaux; donc la force en chevaux

$$=\frac{1000\times q\times h}{75};$$

en fonction de vitesse cette force est

$$=\frac{1000\times q\times v^2}{2g}.$$

Ainsi, une chute d'eau de $1^{m},50$ de hauteur, débitant 100 mètres cubes d'eau à la seconde aurait une force de $1^{m},50\times 100^{mc}\times 1000^{k}=150,000^{kgm}$ ou 2,000 chevaux-vapeur. Lorsqu'on a besoin d'une chute d'eau pour mettre en mouvement un récepteur hydraulique, si le cours d'eau n'en présente aucune de naturelle, on établit une chute artificielle, ordinairement au moyen d'un barrage, de cette manière le liquide s'écoule en déversoir dans le bassin d'aval. Il est évident que la quantité de liquide qui s'écoule pardessus le déversoir, est la même qui se déversait avant le barrage, par conséquent la dépense est la même. On comprend que chaque molécule d'eau, en passant du niveau supérieur (*bief supérieur, bief d'amont, canal d'amenée*) au niveau du *canal de fuite* ou *bief d'aval*, s'abaisse

verticalement d'une certaine quantité ou hauteur de chute et c'est cet abaissement qui donne lieu à un certain travail utile déjà calculé. On comprend donc que l'utilisation des *chutes d'eau* pour mouvoir des récepteurs hydrauliques exige l'emploi d'un calcul simple et une étude préparatoire; si on veut en tirer le meilleur parti possible, il ne faut rien livrer à l'arbitraire et tenir compte qu'il y a une perte de force vive à l'entrée de l'eau sur le récepteur, et également une perte de force vive à sa sortie: par conséquent, les deux conditions principales à satisfaire, impossibles d'ailleurs à réaliser théoriquement dans la pratique, sont: 1° *que l'eau arrive sans choc sur le récepteur*, 2° *qu'elle en sorte sans vitesse*: en effet, une certaine partie de travail se transforme en chaleur (V. THERMODYNAMIQUE) et une fraction de la force motrice est ainsi modifiée et détournée de sa destination.

Il est facile de calculer en chevaux-vapeur, comme il est indiqué ci-dessus, la force d'une chute d'eau. Les éléments principaux de ce calcul sont la quantité d'eau que débite le cours d'eau en une seconde et la différence de niveau entre le bief d'amont et le bief d'aval. Quoique ces éléments varient en sens contraire l'un de l'autre, il en résulte toujours une variation de même sens dans la force de la chute; cette force est d'autant plus grande que le cours d'eau débite une plus grande quantité de liquide dans l'unité de temps.

Les cours d'eau, par leurs chutes, servent de moteurs économiques; en agissant sur les récepteurs hydrauliques, ils font mouvoir une quantité très considérable de moulins, de filatures, de scieries, de forges, d'ateliers de toute espèce. Ce sont les moteurs ordinaires des pays de montagnes. Les usines des vallées étroites et encaissées des départements des deux Savoie, de l'Isère, du Rhône, de l'Ardèche, de la Drôme, de la Loire, etc., des deux versants des Alpes et des Pyrénées sont presque toutes animées par des moteurs hydrauliques.

Des travaux à la perte du Rhône ont dérivé une chute d'eau d'une grande puissance dont on a utilisé seulement une partie de la force motrice, environ 1,800 chevaux-vapeur au moyen de turbines; mais les espérances que l'on avait fondées sur l'utilisation de la force motrice de la chute du Rhône à Bellegarde n'ont pas été réalisées.

Nous empruntons à M. Gobin, ingénieur des ponts et chaussées, les renseignements sur la chute de la perte du Rhône (Bellegarde).

« Un décret du 31 mai 1871 a concédé à MM. Lomer et Ellershausen une prise d'eau dans le Rhône au moyen d'un canal de dérivation débitant 60 mètres cubes par seconde (le débit d'étiage n'est jamais inférieur à 90 mètres cubes). Ce canal a son origine sur la rive droite, en amont de la perte, et débouche au confluent de la Valserine, après un parcours de 725 mètres dont 550 en tunnel. La chute disponible est de $13^m,50$ en temps ordinaire; en ne comptant que $13^m,10$ pour la chute nette, on a, avec le débit de 60 mètres cubes, une force de $\frac{60,000 \times 13,10}{75} = 10480$ chevaux. En admettant que les turbines donnent un rendement moyen de 75 0/0 on a une force disponible de 7,860 chevaux. Les turbines ont $2^m,60$ de diamètre et une force de 630 chevaux; trois ou quatre seulement sont montées. La force motrice des turbines est transmise sur les plateaux au moyen de câbles télo-dynamiques du système Hirn. »

Les papeteries de Rives (Isère), de Grenoble, d'Annonay, de Sorgues, les moulinages de la Savoie, de la Loire, de l'Ardèche, etc., les minoteries, moulins à farine, forges, etc., des vallées du Tech, de la Teb, de l'Agly, les nombreuses usines situées le long du cours du Rhône et de ses affluents, etc, sont animées par des chutes d'eau. Voici quelques exemples de chutes d'eau remarquables, prises dans le bassin du Rhône : — A. F. N.

Noms des propriétaires	Nature de l'usine	Localités	Hauteur de chute	Cours d'eau	Force moyenne en chevaux-vapeur	Moteurs
			mètres			
Guinet.	Fabriq. de soie.	Rivier-d'Appieu.	5	La Fure.	65	Turbine.
Gourju.	Hauts-Fourn.	Poeppe.	5	—	65	Roues.
Fillat cousins.	Papeterie.	Rives.	5	—	65	Roues à augets.
Blanchesff et Kebler	—	—	9	— (amont)	130	—
—	—	—	5	— (centre)	60	—
—	—	—	7	— (aval)	70	—
Revollier frères.	Aciéries.	Renage.	13	—	150	—
Montessuy et Thomer.		—	7	—	90	Turbines.
Papeterie de Renage.	Papeterie.	—	9	—	125	Turbines et roues.
Breton frères.	—	Pont-de-Claise.	10	Romanche.	1200	—
Fontenay.	Fabr. de ciment	Grenoble.	8	Canal de Drac.	300	—
Berges et Cie.	Papeterie.	Grenoble.	220	Lac de Crosey.	700	Turbine.
Roucher-Vielhomme.	—	Domène.	150	—	1200	—
Freydel.	—	Brignon.	150	Lac Freydane.	1200	—
Rouchas.	—	Pontcharra.	4.50	Breda.	90	Roues.
Montgolfier.	—	St-Marcel-l.-Annonay.	5	Cance.	90	Roues et turbines.
Montgolfier frères.	—	Grosberty-l.-Annonay.	4	—	65	Roues.
Canson-Montgolfier.	—	Vidalon-les-Annonay.	12	—	100	Roues et turbines.

CHUTE DES CORPS. *T. de phys.* L'expérience la plus vulgaire apprend que tous les corps ont une tendance à se précipiter sur le sol. Les lois de la chute ont été étudiées par les physiciens ; mais

il fallait se mettre à l'abri d'une cause d'erreur considérable qui tient à la résistance que l'air oppose aux corps en mouvement. Cette résistance, augmentant avec la surface, s'exerce avec plus d'intensité sur les objets légers dont la chute se trouve ainsi considérablement ralentie. Si l'on veut étudier la chute en elle-même, il faut opérer dans le vide, ou employer des corps très lourds, et l'on arrive à constater les trois lois suivantes :

1° *Tous les corps tombent dans le vide avec la même vitesse ;*

2° *La vitesse que possède un corps tombant librement dans le vide, à un instant quelconque de sa chute, est proportionnelle au temps écoulé depuis l'origine de la chute ;*

3° *L'espace parcouru par un corps tombant librement dans le vide est proportionnel au carré du temps écoulé depuis l'origine de la chute.*

La première de ces trois lois se démontre en faisant tomber des corps de forme et de poids très différents dans un long tube de verre où l'on a fait le vide. On peut encore la vérifier à l'aide d'une expérience fort simple et à la portée de tout le monde. Découpez un morceau de papier en forme de disque d'un diamètre un peu inférieur à celui d'une pièce de monnaie. Si vous laissez tomber l'un à côté de l'autre, la pièce de monnaie et le disque de papier, la résistance de l'air agira fortement sur ce dernier qui descendra en tourbillonnant, et n'atteindra le sol que bien après le disque de métal. Mais si vous placez le disque de papier sur la pièce de monnaie, et que vous laissiez tomber le tout en plaçant la pièce horizontale, c'est elle qui supportera tout l'effort de la résistance de l'air ; le papier ne la quittera pas et tombera sur le sol en même temps qu'elle.

Les deux dernières lois sont connues sous le nom de *loi des vitesses*, et *loi des espaces*. La mécanique rationnelle apprend que ces deux lois sont une conséquence forcée l'une de l'autre, de sorte qu'il suffit de vérifier expérimentalement l'une des deux, pour être assuré de la vérité de l'autre. Galilée, à qui l'on doit la découverte des lois de la chute des corps, les vérifiait au moyen d'un plan incliné formé d'un fil de fer tendu obliquement sur lequel il laissait rouler une petite poulie supportant au-dessous d'elle un poids plus ou moins considérable. Dans les cours de physique, les deux dernières lois se démontrent aujourd'hui, soit avec la *machine d'Atwood*, soit avec l'*appareil du général Morin*. La machine d'Atwood se compose essentiellement d'une poulie supportant deux poids égaux qui se font équilibre. Si l'on ajoute à l'un d'eux un petit poids additionnel, ce dernier entraînera tout le système avec une vitesse réduite dans le rapport du petit poids moteur au poids total en mouvement. La chute pouvant être ainsi ralentie autant qu'on le veut, il est très facile d'en observer toutes les circonstances en plaçant une règle divisée le long de la ligne que suivent les poids en mouvement. Si l'on vient, à un moment quelconque, à supprimer le petit poids moteur au moyen d'un mécanisme particulier, tout le système des deux gros poids continue à se déplacer sous l'influence de sa vitesse acquise, ce qui permet de vérifier la loi des vitesses (1).

L'appareil du général Morin représenté figure 239, est un appareil enregistreur qui a sur la machine d'Atwood et le plan incliné de Galilée, l'avantage de permettre l'étude de la chute des corps sans en ralentir la vitesse. Il se compose essentiellement d'un long cylindre vertical, recouvert de papier blanc et qu'on peut animer d'un mouvement de rotation uniforme. Pour y arriver on a disposé un treuil r mis en mouvement par un poids p et

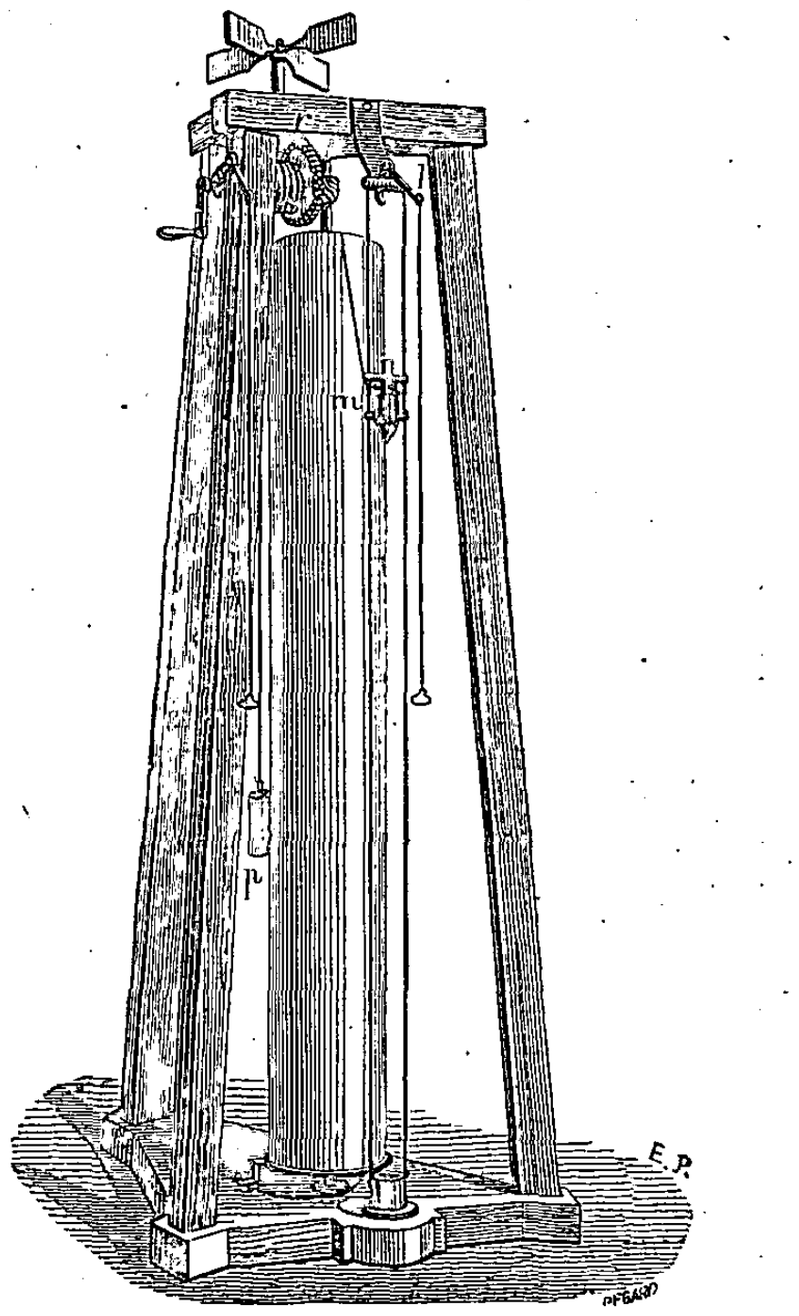


Fig. 239. — *Cylindre tournant à indications continues, du général Morin.*

engrenant avec une vis sans fin placée sur l'axe du cylindre. Le régulateur à ailettes qui se voit à la partie supérieure de la figure sert à assurer l'uniformité du mouvement de rotation. Devant cet appareil on laisse tomber un poids m, guidé dans son mouvement par deux fils tendus verticalement, et portant un crayon qui laisse une trace sur le cylindre. Si celui-ci était immobile, la trace du crayon serait une génératrice verticale ; en raison du mouvement de rotation du cylindre, la trace est une courbe, rappelant la forme d'une hélice. Les arcs parcourus horizontalement par le crayon mesurent les temps écoulés aux diverses époques de la chute, tandis que la hauteur verticale au dessous de la base supérieure mesure la hauteur de chute. Si l'on déroule le papier qui enveloppe le cylindre, les

(1) Pour les détails de construction de la machine d'Atwood, voir un traité de physique.

arcs horizontaux deviennent les abscisses des différents points de la courbe, abscisses qui sont ainsi proportionnelles au temps, tandis que les ordonnées mesurent les hauteurs de chute correspondantes. Toutes les circonstances du mouvement se trouvent inscrites sur cette courbe qu'on reconnaît facilement pour un arc de parabole, dont l'axe est vertical. La parabole jouissant de cette propriété que les ordonnées sont proportionnelles aux carrés des abscisses, il en résulte que les hauteurs de chute sont proportionnelles aux carrés des temps écoulés, ce qui démontre la loi des espaces. La loi des vitesses peut aussi être vérifiée directement, car sur la courbe ainsi décrite, la vitesse de chute est, à chaque instant, représentée par la tangente trigonométrique de l'angle que fait avec l'horizon la tangente en un point de la courbe. Rien n'est plus facile que de constater que cette tangente est proportionnelle à l'abscisse du point de contact, c'est-à-dire à la durée de la chute. C'est du reste, là encore, une propriété de la parabole.

Il nous est impossible d'entrer dans de plus longs détails sur ces expériences qui sont longuement expliquées et décrites dans tous les traités de physique. Nous allons aborder l'étude des conséquences mécaniques des trois lois fondamentales.

La première loi prouve que la force qui sollicite les corps vers le sol est proportionnelle à leur masse. Les deux autres expriment qu'un corps tombant en chute libre est animé de cette espèce particulière de mouvement qu'on appelle en mécanique le *mouvement uniformément varié*, et qui se rencontre toutes les fois qu'un corps est soumis à l'action d'une force de grandeur et de direction invariables. Il faut donc que la force qui sollicite le corps à tomber soit invariable pendant toute la durée de la chute.

Cette force s'appelle le *poids* du corps, tandis que le mot *pesanteur* désigne le phénomène général de la tendance qu'ont les corps à se porter vers la terre. D'après ce que nous venons de dire, le poids P d'un corps est proportionnel à sa masse m, et constant, dans un même lieu de la terre. Si l'on désigne par v la vitesse du corps, et t la durée de la chute, on aura d'après la deuxième loi ; (1) $v=gt$.

g étant une constante qu'on appelle l'*accélération de la pesanteur*. Elle est la même pour tous les corps, en un même lieu, et doit être, d'après les principes de la mécanique, égale au quotient de la force P, ou poids du corps par sa masse m, d'où la relation :

$$(2) \qquad g=\frac{P}{m} \quad \text{ou} \quad m=\frac{P}{g},$$

qui permet de calculer la masse d'un corps quand on en connaît le poids.

Si l'on remarque que la vitesse v est la dérivée de l'espace par rapport au temps, on aura, en intégrant l'équation (1) :

$$(3) \qquad e=\frac{1}{2}gt^2,$$

qui n'est que la traduction algébrique de la loi des espaces. On remarquera que l'espace $\frac{1}{2}g$ parcouru pendant la première seconde est la moitié de la vitesse g acquise à la fin de la première seconde. Cette remarque permet d'établir facilement que les espaces parcourus pendant les secondes successives de la chute, sont proportionnels aux nombres impairs consécutifs, et respectivement égaux à :

$$\frac{1}{2}g \quad \frac{3}{2}g \quad \frac{5}{2}g, \text{ etc.}$$

La constante g joue un grand rôle dans tous les calculs relatifs à la chute des corps ; elle a été déterminée par divers expérimentateurs, notamment par Borda, au moyen de l'observation des oscillations du pendule. On a reconnu que si g conserve toujours la même valeur numérique en un même lieu, il augmente régulièrement depuis l'équateur jusqu'au pôle, et diminue quand on s'élève notablement au-dessus du niveau du sol. Il n'est donc pas tout à fait exact de dire que la force qui sollicite un corps à tomber reste invariable pendant toute la durée de la chute ; elle augmente, en réalité, à mesure que le corps descend ; de sorte que la vitesse s'accroît plus rapidement que ne l'indique la loi des vitesses. Mais cette augmentation ne pourrait produire d'effet sensible que pour une hauteur de chute considérable, et dans la pratique, le poids d'un corps doit être considéré comme constant, et les trois lois de la chute des corps comme exactes. Ajoutons que, pour des hauteurs de chute considérables, on constate une déviation des corps vers l'Orient. Cet effet est dû au mouvement de rotation de la terre autour de son axe. Enfin personne n'ignore que Newton a su démontrer l'identité de la pesanteur avec la force qui retient la lune dans une orbite fermée autour de la terre, et que ce fut là le fondement de la découverte de la gravitation universelle. Les effets et les variations de la pesanteur seront étudiés au mot PESANTEUR.

Nous ne dirons rien non plus de la chute d'un corps lancé horizontalement ou obliquement, ni des effets de la résistance de l'air ; ces deux questions ont été traitées au mot BALISTIQUE. Nous allons terminer par quelques remarques utiles.

Si l'on élimine le temps entre les équations (2) et (3) on aura une relation entre l'espace et la vitesse :

$$e=\frac{1}{2}\frac{v^2}{g}$$

Si l'on désigne par h la hauteur de chute, $h=e$, et cette équation peut s'écrire :

$$(4) \qquad v=\sqrt{2gh}$$

Elle permet de calculer la vitesse acquise par un corps tombant d'une hauteur h, et est par suite d'un usage très fréquent. Si on élève l'équation (4) au carré et qu'on la multiplie par la masse de mobile, on aura l'expression de la force vive :

$$\frac{1}{2}mv^2=gmh$$

ou, à cause de l'équation (2) :

$$(5) \qquad \frac{1}{2}mv^2=Ph,$$

ce qui exprime que la force vive du mobile est égale au produit de son poids par la hauteur de chute, ou, en d'autres termes, au *travail* du poids du corps. Ce théorème est absolument général en mécanique : l'accroissement de la force vive d'un système quelconque est toujours égal à la somme algébrique des travaux des forces qui agissent sur ce système.

Si le corps, au lieu de partir du repos, était lancé verticalement avec une vitesse v_0, les équations du mouvement deviendraient :

Si le corps est lancé de haut en bas :

$$v = v_0 + gt \qquad e = v_0 t + \frac{1}{2} gt^2,$$

et s'il est lancé de bas en haut :

$$v = v_0 - gt \qquad e = v_0 t - \frac{1}{2} gt^2.$$

Ces équations permettent de résoudre tous les problèmes qu'on peut se poser sur ce genre de mouvement. Si l'on veut, par exemple, savoir à quelle hauteur h s'élèvera le corps lancé, on remarquera que sa vitesse au point le plus haut sera nulle, de sorte que la durée de l'ascension est donnée par l'équation :

$$v_0 - gt = 0.$$

Si on élimine alors le temps t entre cette équation et celle des espaces on aura en remplaçant e par h :

$$h = \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{g}$$

Cette équation est identique à l'équation (4). Donc, la hauteur à laquelle s'élève le corps lancé de bas en haut est justement celle d'où il faudrait le laisser tomber pour lui faire acquérir la vitesse initiale. Lorsqu'il revient au point de départ, en descendant, il est donc animé d'une vitesse égale et de sens contraire à la vitesse initiale. De là résulte une symétrie parfaite entre le mouvement ascendant et le mouvement descendant; il va sans dire que la résistance de l'air modifie quelque peu ces résultats en diminuant la vitesse et la hauteur de l'ascension. — M. F.

CIBLE. Sorte de cadre ou châssis assujetti à l'aide de pieux dont on se sert pour s'exercer au tir des armes ; nous ne retenons ce mot que pour mentionner une intéressante application de l'électricité.

Cible électrique. Les cibles électriques sont destinées à éviter au tireur d'avoir à se déplacer pour connaître le point qu'il a touché dans la cible, lorsque le tir se fait à une grande distance. Plusieurs appareils ont été imaginés dans ce but, ils reposent tous sur la reproduction du point que l'on a frappé dans la cible, sur un petit tableau placé près du tireur.

Dans la solution qu'a donnée de ce problème M. Martin de Brettes, la cible est divisée en bandes horizontales et verticales de telle sorte qu'elle se trouve formée d'un grand nombre de petits carrés appartenant chacun à une bande verticale et à une bande horizontale. Toutes les bandes horizontales et verticales étant numérotées on voit qu'il suffira pour connaître la position du point frappé, de connaître les numéros d'ordre des deux bandes auxquelles il appartient. Ce sont ces numéros d'ordre que l'appareil de M. Martin de Brettes indique au tireur. Pour cela, tous les carrés sont mobiles ; lorsque l'un d'eux est frappé, il s'abaisse en produisant deux contacts : l'un sur la bande horizontale, l'autre sur la bande verticale, et deux courants sont, par ce fait, envoyés dans l'indicateur. Celui-ci se compose de deux parties distinctes et identiques reliées l'une aux bandes horizontales, l'autre aux bandes verticales. Chacune de ces parties comprend autant de lignes qu'il y a de bandes ; elle comprend aussi un nombre égal de roues isolantes portant chacune des incrustations en nombre égal au numéro d'ordre de la bande correspondante et reliées toutes à l'axe de rotation. Quand le courant est lancé dans une des lignes, il déclanche d'abord la roue isolée, celle-ci entraînée par un poids se met à tourner et, pendant sa rotation, les incrustations passent sous un frotteur en relation avec une pile locale dont l'autre pôle communique avec l'axe de rotation et dans le circuit de laquelle est installé une espèce de télégraphe à cadran. Sur ce dernier sont marqués les numéros d'ordre des bandes, de sorte que, d'après le nombre de courants interrompus envoyé par la roue à incrustations, son aiguille indique le numéro de la bande sur laquelle le contact a été fait. Le cadran de la seconde partie indique en même temps le numéro de la bande de l'autre sens, et le point touché peut être marqué par le tireur sur un tableau où sont reproduites des lignes numérotées correspondant aux bandes de la cible.

Il n'y a, comme on le voit, dans chaque partie qu'un télégraphe en relation avec toutes les roues à incrustations, mais affecté seulement par l'une d'elles. Dans le cas où la balle frapperait sur plusieurs carrés à la fois, elle pourrait au plus abaisser quatre de ces carrés et chaque moitié de l'appareil recevrait deux courants. Il y aurait alors pour chaque cadran deux roues de déclanchées et l'appareil ne pourrait fonctionner.

Pour éviter cet inconvénient, chaque cadran porte deux mécanismes distincts et deux aiguilles montées sur le même axe, l'une des aiguilles correspond aux bandes paires, l'autre aux bandes impaires. De cette façon, si deux bandes d'un même sens sont affectées à la fois, le cadran indique deux numéros voisins et le tireur sait par là à l'intersection de quelles bandes la balle a frappé.

La même chose se reproduisant pour l'autre cadran, la position est toujours indiquée même dans le cas le plus défavorable. Quand un carré de la cible est frappé en plein, il n'y a naturellement qu'une seule aiguille qui se mette en mouvement sur chaque cadran. Un système analogue avait été exposé en 1881 par M. Boivin, mais son auteur n'a pas encore donné sur cet appareil assez de détails pour que nous puissions le décrire. — A. G.

CIBOIRE. Vase sacré fait en forme de grand calice couvert, destiné à la conservation des hosties consacrées et qui, d'après les règles de la liturgie, doit être en or ou en argent doré à l'intérieur.

|| On donne aussi ce nom à un petit dais élevé sur quatre colonnes au-dessus du maître-autel.

* **CICERI** (Pierre-Luc-Charles), peintre décorateur, né à Saint-Cloud, en 1782.

Ciceri se destinait d'abord à l'art lyrique et au théâtre. Doué d'une fort belle voix de ténor, il entra au Conservatoire et commença de sérieuses études ; un accident vint clore cette carrière à son début ; Ciceri fit une chute de voiture à la suite de laquelle il resta boîteux. Le jeune chanteur se voyant fermé l'accès de la scène demeura plongé dans une profonde douleur. Un autre art allait heureusement le recueillir.

Il possédait pour le dessin un goût et des aptitudes qui lui avaient déjà créé une certaine notoriété ; il fréquentait l'atelier du peintre Bellangé, et ses gouaches, ses études commençaient à être recherchées ; encouragé par le succès de ses essais, il résolut de s'adonner complètement à la peinture. Il prit bientôt, parmi ses confrères, une place spéciale : longtemps avant que sonnât l'heure du romantisme, il avait exhumé les vieilles villes gothiques et les manoirs en ruines, les sites ravagés et les clairs de lune fantastiques. La puissance avec laquelle il rendait ces aspects lui avait déjà valu la réputation d'un artiste très original. Ses succès furent tels dans le genre qu'il venait en quelque sorte de créer que, l'opinion publique le poussant à rendre ses idées en grand, il se décida à peindre des décors pour l'Opéra. La décoration théâtrale était alors fort négligée et le répertoire des décors de l'Opéra se trouvait limité à un certain nombre de toiles proprement peintes, mais d'un style classique froid et démodé. Ciceri entra à l'Opéra et tout changea de face.

Il s'était essayé, en 1815 et en 1818, dans deux ballets, *Zéphire et Flore*, et *Proserpine ;* l'administration lui donna à exécuter les décors d'*Aladin*, ou la *Lampe merveilleuse*, opéra-féerie en cinq actes, représenté le 6 février 1822, et qui fut en quelque sorte l'ouvrage d'inauguration de la salle Le Peletier. L'apparition des décors de Ciceri concorda avec l'introduction du gaz à l'Opéra, et l'enthousiasme qu'ils produisirent fut tel que tous les autres éléments de la représentation, musique, chanteurs, ballets, restèrent au second plan.

L'année suivante, l'Opéra donna le ballet de *Cendrillon*, dans le succès duquel les décors de Ciceri contrebalancèrent l'effet des danses de la célèbre Bigottini.

Ciceri régnait désormais en maître à l'Opéra où, pendant plus de douze ans, il ne cessa plus de travailler. Dans le grand nombre des décorations qu'il peignit, les principales furent : *Ipsiboé ;* la *Belle au bois dormant ;* la *Somnambule ;* la *Muette de Portici* (1828), où son éruption du Vésuve eut suffi à faire courir tout Paris ; *Guillaume Tell* (1829), où il réalisa ce tour de force d'exécuter quatre décorations de paysages dans des caractères différents ; le *Dieu et la Bayadère* (1830) ; *Robert-le-Diable* (1831) dont le cloître célèbre est resté une des plus belles décorations qui aient été « plantées et brossées » ; la *Sylphide; Gustave III*, *Ali-Baba*, la *Révolte au sérail*, *Don Juan*, la *Fille du Danube*, ballet représenté le 21 septembre 1836, le dernier ouvrage auquel il travaillait, et qu'il n'acheva pas; il avait peint trois décorations sur quatre.

Quoique absorbé par des travaux incessants, Ciceri consacrait une partie de son temps et de ses soins à l'atelier qu'il avait créé, et dont un grand nombre d'élèves sont devenus à leur tour des maîtres. C'est de cet illustre atelier des Menus-Plaisirs que sont sortis Dieterle, Philastre, Cambon, Thierry, MM. Nolau et Rubé. Ces deux derniers devinrent les gendres de leur professeur.

Ciceri, avant de s'adonner presque exclusivement à la peinture des grandes toiles de l'Opéra, avait continué à produire des œuvres très intéressantes. Il a laissé des aquarelles que l'on s'arrachait à prix d'or ; ses vues de Suisse sont superbes. Il existe de lui, au musée de Versailles, une œuvre remarquable, l'*Attaque de Vienne*. Il avait été plusieurs fois récompensé aux expositions de peinture ; en 1825, il reçut la croix de la Légion d'honneur.

Ciceri est mort, longtemps après s'être retiré, à Saint-Chéron, en 1868, âgé de quatre-vingt six ans. Il était resté un aimable vieillard, plein d'esprit et d'entrain, et racontant avec beaucoup d'à-propos nombre d'anecdotes sur les artistes, le théâtre et les événements de son temps.

Il fut réellement le créateur de la décoration théâtrale moderne ; la hardiesse de ses plantations, son entente de la couleur, son originalité et la richesse de ses inventions n'ont point été dépassées. Le nom de Ciceri vivra : avant lui la peinture de décors était une industrie, il en a fait un art. — CH. R.

CICÉRO. *T. de typogr.* Caractère dont la force est de onze points typographiques, et que l'on place entre la *philosophie* et le *Saint-Augustin*.

— Il est ainsi nommé parce que ce fut avec ce caractère que Swenheim et Lamartz imprimèrent à Rome (1467), les *Epîtres familières de Cicéron*, en latin.

CIDRE. Boisson alimentaire que l'on prépare en faisant fermenter le jus des pommes.

Historique. On ne connaît pas bien exactement l'époque à laquelle on a commencé à fabriquer le cidre ; mais, il est certain, que bien avant notre ère, le pommier était cultivé en Grèce et en Italie. Strabon dit que ces arbres étaient abondants, dès le Ier siècle de l'ère chrétienne, dans la Gaule narbonnaise; il est probable qu'il y en avait aussi dans les autres parties de l'ancienne Gaule, puisque l'on a trouvé à Rouen, des poteries datant du IIe siècle, qui figuraient cet arbre en relief (*Almanach du pays à cidre pour 1863*, p. 97); au Ve siècle, la loi salique édictait des peines contre ceux qui mutilaient les écorces des pommiers, ou enlevaient les greffes.

Les Latins désignaient le cidre sous le nom de *pomacium*, d'où le nom de *pommé*, encore employé en Normandie du XIVe au XVIe siècle (Legrand d'Aussy, *Vie des Français*, t. II, p. 359). Le mot de cidre vient de l'hébreu *shécar*, d'où σικερα, *sicera*, qui ne signifiait pas autre chose que boisson enivrante autre que le vin. D'après Littré (*Dictionnaire étymologique*), au XVe siècle, l'orthographe du mot cidre commença à se modifier pour devenir ce qu'elle est actuellement. Olivier écrivait *sildre*, et Berry *citre*; de là, au mot cidre, il n'y eût qu'un pas à faire.

Les Hébreux ne paraissent pas avoir connu le cidre. Par contre, en Italie, Pline mentionne le vin de pommes,

80 ans avant l'ère chrétienne (*Histoire naturelle*, XIV, 19). La première fois que l'on trouve indiqué l'emploi du cidre, comme boisson, dans la Gaule, c'est au Ve siècle; il était le breuvage des moines d'une abbaye, près de Châteaulin. Au VIe siècle, on en buvait dans le Poitou. Charlemagne, dans ses Capitulaires, le fait figurer parmi la liste des produits que l'on devait fournir, comme redevance, à sa cour et à ses hommes..

En Normandie, la bière fut en usage jusqu'au XIIe siècle, mais d'après Pluquet (*Essai historique sur la ville de Bayeux*), à partir de cette époque, on commença à fabriquer le cidre dans la vallée d'Auge. Ce n'est que plus tard que son emploi se répandit sur la rive droite de la Seine. La culture du pommier prit une rapide extension dans la Normandie, du XIIIe au XVIe siècle; elle s'y améliora considérablement au XVIIIe, puis se répandit alors dans le département de l'Aisne, dans le Vexin, et enfin se généralisa.

Caractères. Le cidre est une boisson de couleur jaune ambrée, légèrement sucrée, un peu amère et acidule. Il renferme quelquefois une forte proportion d'acide carbonique, et mousse alors considérablement. C'est un breuvage tonique, rafraîchissant et très sain, quand il est convenablement conservé; trop acide il fatigue parfois l'estomac. Il est fort apprécié dans quelques régions de la France, des Etats-Unis de l'Amérique du Nord, de la Russie, de l'Allemagne, de l'Angleterre.

La qualité du cidre dépend de nombreuses causes, parmi lesquelles il faut surtout noter: la nature des pommes et l'orientation des arbres, la composition du sol, la qualité de l'eau employée, et le procédé mis en pratique pour la fabrication du cidre.

Nous ne pouvons entrer dans la description des espèces qui sont les plus estimées pour la confection du cidre; cela varie, et avec la région que l'on considère, et avec le moment où l'on fait cette étude, car certaines pommes très estimées dans le temps, ont souvent été remplacées par d'autres. Nous dirons seulement que les pommes à cidre peuvent se grouper en trois catégories:

1° Les pommes acides, qui donnent un jus clair, d'une densité de 4 à 5, et qui peuvent fournir un liquide contenant après fermentation 6,60 0/0 environ d'alcool. Ces pommes sont précoces ou de première récolte; elles mûrissent en septembre. Le cidre que l'on fait avec elles est peu coloré, se tue vite et ne se conserve guère au delà d'un an. Elles constituent des espèces que l'on n'emploie pas généralement seules.

2° Les pommes douces, dont le jus a une densité de 7 à 8, et peut fournir 10 0/0 d'alcool. Ces fruits sont de seconde récolte, c'est-à-dire qu'ils mûrissent seulement en octobre; ils donnent un cidre trop peu capiteux, et qui devient amer en vieillissant. On mélange le plus souvent ces pommes avec les suivantes.

3° Les pommes amères, qui produisent un jus dense, assez coloré, fermentant lentement, et dont la densité est de 9° à 12°. Elles donnent un cidre qui contient jusqu'à 12,5 0/0 d'alcool, et peut dès lors se conserver plusieurs années sans altération. Ce sont des pommes tardives ou de troisième récolte, qui ne se cueillent qu'au mois de novembre.

La récolte des pommes se fait depuis le quinze septembre. jusqu'à la mi-novembre. Elle doit s'effectuer autant que possible en plusieurs fois, en secouant les arbres, pour ne faire tomber que les fruits qui sont mûrs. On emploie aussi, dans le même but, des gaules armées de crochets, ce qui est bien préférable à l'habitude que l'on retrouve encore par contrées, de battre les branches à la gaule, pour détacher les fruits.

La cueillette ayant été effectuée par un beau temps, on doit rentrer les pommes et les conserver jusqu'à parfaite maturité dans des greniers où elles ne sont pas exposées à l'humidité ou à la gelée. On doit surtout éviter de les laisser en gros tas, parce que la fermentation qui se produit dans ce cas, les fait blettir ou pourrir, et les prive, par conséquent, du sucre qu'elles doivent contenir.

Préparation. Les pommes que l'on emploie pour préparer le cidre, devront avoir été choisies, en rejetant, avec soin, toutes celles qui sont altérées. En effet, l'acide malique, dans les fruits blettis, peut se dédoubler, et donner des produits aromatiques, comme le montre la formule suivante:

$$3(C^8H^6O^{10}) = 2(C^8H^6O^8) + C^4H^4O^4 + 4(CO^2) + H^2O^2.$$

Acide malique — Acide succinique — Ac. acétique

et dans les fruits pourris, il y a formation d'acide butyrique très odorant et désagréable :

$$2(C^8H^6O^{10}) = C^8H^8O^4 + 8(CO^2) + H^4;$$

Acide butyrique

de plus, pendant ces altérations, l'acide tannique des pommes se décompose et se dédouble en acide gallique et en acide carbonique. Toutes ces modifications nuiraient à la qualité du cidre. Quand les pommes sont convenablement mûres, elles possèdent un maximum de sucre, que l'on ne trouve pas, avant la maturation, parce que ce principe peut se former aux dépens de la gomme et du ligneux, et qu'on ne rencontre plus, quand

Composition du jus de pommes	Pommes		
	Vertes	Mûres	Blettes
Eau	85g,39	82g,83	86g,29
Sucre	4.90	11.00	7.95
Cellulose, tissu végétal	5.00	3.00	2.06
Gomme, mucilage, amidon	4.01	2.11	2.00
Albumine	0.10	0.50	1.06
Acides malique, pectique, tannique, gallique	0.49	0.50	0.60
Chaux, acétates alcalins	0.03	0.03	0.03
Matières grasses, chlorophylle	0.08	0.03	0.01
	100.00	100.00	100.00

le fruit est trop avancé. Les chiffres du tableau de la page 403, empruntés à MM. de Boutteville et Hauchecorne, en donnent la preuve.

Les fruits doivent être d'un jaune rougeâtre, sucrés, légèrement amers, petits plutôt que trop beaux; d'odeur agréable. On mélange souvent, pour avoir un cidre aromatique, des pommes de seconde et de troisième récolte; elles offrent entre elles certaines différences comme richesse saccharine, mais leur union a surtout pour but, de développer dans le cidre la formation d'un bouquet spécial. Parmi les variétés les plus estimées, nous pouvons citer les suivantes, dont nous donnons la teneur en sucre et en acide. L'analyse de ces moûts, faite par M. Truelle, a donné les résultats suivants:

Nature des fruits	Sucre réducteur	Sucre non réducteur	Sucre total	Acidité exprimée en SHO^4
Pomme amère douce	9ᵍ,642	0ᵍ,829	10ᵍ,471	0ᵍ,106
— ganette	8.034	1.708	9.742	0.084
— noire de Vitry	9.529	1.207	10.736	0.148
— petit muscadet	7.788	1.761	9.549	0.106
— petite normande	8.617	1.806	10.423	0.084
— rouget	9.642	0.458	10.100	0.296

Après avoir choisi des pommes en complet état de maturité, on les écrase au moyen d'appareils, variables suivant l'importance de la fabrication. Lorsque l'on brasse du cidre pour sa propre consommation, on emploie le plus souvent des moulins à cylindre ou à noix, tels que celui de Leblanc, qui peuvent à la main broyer 6 hectolitres à l'heure, ou 10 hectolitres, si l'on peut actionner l'appareil avec une machine à battre. Mais lorsque l'on s'occupe de production en grand, on opère le broyage avec des meules en grès, dans des auges de même nature, ou mieux avec des meules et des auges en bois, en employant un cheval comme moteur. Différents écraseurs, comme ceux de Salmon, ou le concasseur de Berjot, servent également dans ce cas. On préfère, en général, les appareils d'un poids moindre, qui ont sur les autres l'avantage de ne pas écraser les pépins de la pomme, et d'éviter, par suite, la formation des produits secondaires qui se développent avec l'huile volatile que renferment ces semences.

Après le *pilage*, on laisse les pommes écrasées, pendant quelques heures, dans de grands cuviers, et l'on a soin de les pelleter plusieurs fois, pour renouveler les surfaces. Après douze à quinze heures, la pulpe des fruits a pris une teinte ocreuse, qui pourra se communiquer au liquide; mais cette exposition à l'air a eu surtout pour résultat, d'établir un commencement de fermentation dans la masse, et de gonfler les cellules, ce qui les rend plus aptes à se rompre et à céder plus facilement le sucre qu'elles contiennent. Le *marc* est alors introduit sous des presses par lits de 10 à 13 centimètres d'épaisseur, que l'on sépare par des couches de paille, ou par des toiles ou tissus de crin. Ces *pressoirs* sont encore variables, suivant l'importance de la quantité de cidre à obtenir. Ils sont constitués le plus souvent par un plateau mobile que l'on rapproche de la table fixe, par le moyen d'une vis, laquelle est tournée au moyen de leviers horizontaux. Ces pressoirs, de peu d'énergie, ne permettent d'obtenir que 30 à 35 litres de jus par hectolitre de pommes; avec les pressoirs Salmon, très employés en Normandie, le rendement est de 60 0/0; il est de 75 à 80 litres, par hectolitre, lorsque l'on peut se servir de presses hydrauliques.

Le liquide que l'on obtient par cette première pression, constituera le gros cidre. Lorsque l'on veut préparer des cidres de choix, il faut avoir eu soin de ne brasser que des pommes provenant d'un sol sablo-argileux, et un peu graveleux; les terres trop sablonneuses et exposées au midi, sont moins favorables, elles ne donnent qu'un cidre sans couleur et acide. Il est important, lorsque l'on recherche un parfum agréable, de ne pas prendre les fruits d'arbres plantés dans un sol calcaire ou ocracé, parce que les cidres qu'ils donnent présentent toujours alors un *goût de terroir;* ceux fournis par des arbres plantés dans un sol argileux, compact, ou dans des endroits humides, ou encore trop fumés avec les engrais animaux, sont également sans saveur, ou même de goût peu agréable.

La pulpe, convenablement pressée, est alors séparée de la paille, puis broyée à nouveau avec les deux tiers de son poids d'eau. C'est ici qu'il est encore utile de choisir avec soin le liquide que l'on emploie. La meilleure eau est celle de pluie, ou celle des mares bien entretenues, et ne recevant pas de purins ou de matières organiques en décomposition. A défaut de ces eaux, on doit prendre celles de source ou de rivière. Elles peuvent contenir des carbonates de chaux, sans qu'il en résulte d'inconvénient pour la bonne préparation du cidre, mais il faut à tout prix éviter l'emploi des eaux séléniteuses. On soumet à nouveau le marc à la presse et l'on obtient par ce *remiage*, un liquide plus faible, qui pourra servir à confectionner le cidre ordinaire. En broyant encore une troisième fois la pulpe, avec le tiers de son poids d'eau, on aura un liquide bon à faire un petit cidre, qu'il faudra se hâter de boire, si on veut l'employer seul. Le mélange des trois sortes de liqueurs obtenues par expression, constitue ce que l'on désigne sous le nom de cidre moyen; 3 hectolitres de fruits donnent 1 hectolitre de cidre moyen.

Nous avons déjà signalé la composition du moût ou jus des pommes. Il importe de faire remarquer que si par l'emploi d'eaux convenables, on

a évité l'addition d'un excès de sels de chaux, ou des matières animales putréfiées qui fourniraient de l'acide butyrique, il faut, pour obtenir un produit aromatique et de bonne conservation, rencontrer en quantité suffisante, dans ce moût, certains principes absolument indispensables. Les jus doivent avoir une densité de 1,067 à 1,080, c'est-à-dire marquer de 9 à 10° Baumé. D'après Hauchecorne, leur composition moyenne doit être la suivante :

Eau	800ᵍ00
Sucre alcoolisable	173.00
Acide tannique	5.00
Pectine, gomme	12.00
Acides malique, tartrique (calculés en acide sulfurique monohydraté)	1.07
Albumine, ferment	5.00
Acide pectique, matière colorante, huiles grasse et volatile	2.18
Chaux, malates alcalins, phosphate de chaux	1.75
	1000ᵍ,00

Parmi les produits indispensables qu'il faut toujours retrouver en quantité déterminée, on doit ranger : 1° le sucre, qui en se dédoublant, formera de l'acide carbonique et de l'alcool ; il donnera au cidre du montant et de la force, et lui permettra de se conserver, en détruisant les ferments qui se développent à la longue. Dans les années où la maturation des fruits a été incomplète, il est urgent, pour avoir de bons produits, de sucrer les moûts, en y ajoutant, suivant le besoin, et par hectolitre, 1ᵏ,600 de cassonnade, lorsque l'on veut obtenir 1 0/0 d'alcool en plus. 2° le tannin, qui fixe la saveur du cidre, et mitige l'action excitante de l'alcool. Il est tonique ; de plus, c'est encore lui qui agit comme principe clarifiant, antiseptique et régulateur de la fermentation. Par sa présence il permet au ferment, à l'albumine et à la pectine, de former, en se coagulant, une sorte de réseau à mailles serrées, lequel en tombant au fond des barriques entraîne avec lui les parties en suspension. Il en existe, dès lors, moins dans le cidre que dans les moûts ; ceux-ci doivent en renfermer au moins 5 à 6 millièmes ; 3° la *pectosine* doit aussi être assez abondante ; c'est un principe mucilagineux, qui se développe aux dépens de l'amidon que renferment les fruits verts, et qui, par la maturation, se transformera à la longue en sucre. Mais, comme cette décomposition se fait très lentement, le cidre garde par la présence de la pectosine une certaine viscosité ; la pectosine empêche également l'alcool de s'acétifier. Il y en a environ 12 0/0 dans les jus de bonne qualité ; 4° l'*acidité* est également importante. Elle doit être environ de 1,071 (rapportée au type acide sulfurique monohydraté) : elle permet une fermentation alcoolique convenable, sans que l'on puisse craindre pour plus tard une acidification trop rapide.

Pour obtenir du cidre fort, il faut brasser 20 à 22 hectolitres de pommes, pour obtenir 9 à 10 hectolitres de liquide ; le cidre qui sert de boisson journalière est plus faible, la même quantité de pommes peut donner 12 hectolitres de produit ; enfin, pour préparer le petit cidre, on recueille d'ordinaire autant d'hectolitres de liquide qu'il y a eu d'hectolitres de pommes employés.

Lorsque le pressurage est terminé, on emplit les tonneaux bien lavés et soufrés, avec le jus, puis on laisse fermenter dans des celliers dont la température est maintenue entre 12 et 15 degrés. On recouvre la bonde des tonneaux avec un linge. Au bout de quelques jours, la fermentation devient tumultueuse ; des écumes se forment, et débordent au-dessus des futailles, puis la tuméfaction diminue, et il se développe au-dessus de ces tonneaux une sorte de chapeau que l'on a soin de ne pas briser. Au bout d'un mois, la fermentation est assez avancée pour que le cidre puisse être considéré comme fait. Dans certains endroits, on bouche les fûts hermétiquement, pour les priver du contact de l'air, et on conserve ainsi ; mais, dans les fermes où le cidre est bien soigné, on soutire alors ce liquide, déjà clair et alcoolique, quoique sucré, et on l'introduit dans d'autres fûts, également soufrés, où on l'abandonne au repos. Ce *cidre doux* prend pendant ce temps du bouquet, par suite des réactions chimiques qui s'opèrent entre les acides, l'alcool et les huiles volatiles qui sont en présence. Lorsqu'on veut le conserver *mousseux*, au lieu de le soutirer dans les fûts, on le met dans des bouteilles pouvant résister à la forte pression du gaz qui se développera, et on maintient les vases bien ficelés, dans une position horizontale, ou même le bouchon en bas.

Le cidre resté en fût peut être consommé après deux ou trois mois, il est alors *paré*, c'est-à-dire que sa fermentation est terminée, et qu'il s'est éclairci, par suite de l'action de l'alcool formé.

Quelques cultivateurs ont l'habitude de *coller* le cidre, pour le clarifier, en employant, comme on le fait pour le vin, soit de l'albumine, soit de la gélatine. C'est une pratique très mauvaise, parce que l'on introduit ainsi dans la boisson des matières albuminoïdes qui, a un moment donné, contribueront à l'altération du produit. La matière dont il faut se servir dans ce cas, est la colle de poisson vraie. Il vaut peut-être mieux encore, utiliser le procédé conseillé par MM. de Boutteville et Hauchecorne, et employer le cachou. On ajoute au cidre, lorsque l'effervescence se ralentit lors de la fermentation, une dissolution de 1 kilogramme de cachou, par 1,600 litres de liquide. Cette matière astringente réagit sur les principes muqueux, coagule une partie des matières albuminoïdes, et donne un peu de couleur. On obtient ainsi une clarification complète et très rapide, en même temps que l'on préserve le produit de la fermentation acide.

PRÉPARATION PAR LIXIVIATION OU TREMPAGE. Cette méthode désignée aussi sous le nom de *procédé à l'alambic*, est avantageuse en ce sens, qu'elle n'emploie pour ainsi dire aucun appareil, et qu'elle épuise très complètement les pommes. Pour l'employer il suffit d'avoir un moulin pour écraser les fruits ; après avoir broyé deux fois les pommes, on les met dans une grande cuve, munie à sa partie inférieure d'un robinet d'écoulement. Il faut avoir soin de préserver l'ouverture de ce robinet, de la pulpe qui pourrait l'obstruer lors du

soutirage, c'est ce que l'on obtient facilement, avec un peu de paille longue. On laisse les fruits abandonnés à eux-mêmes pendant douze heures, puis on tasse convenablement, et pour six hectolitres de fruits, on ajoute deux hectolitres d'eau. Le lendemain, après vingt-quatre heures de contact, on ouvre la chantepleure pour enlever la première macération que l'on reverse immédiatement sur le marc. Le soir, on soutire et répartit ce premier liquide dans des fûts convenablement préparés. On verse à nouveau dans la cuve, seize seaux d'eau, on soutire au bout de douze heures, et on remouille le marc avec le liquide obtenu. Après une seconde période de temps, on enlève la liqueur, que l'on verse dans les tonneaux sur le liquide de première lixiviation. On remplace dans la cuve le liquide par vingt nouveaux seaux d'eau, et on opère comme précédemment, pour soutirer définitivement, après vingt-quatre heures, et introduire le produit dans les fûts. On agite ceux-ci pour mélanger convenablement les trois liqueurs, qui ont nécessairement des densités différentes, et on laisse fermenter, comme dans l'ancien procédé. Ce lavage méthodique épuise bien les fruits, et donne économiquement un cidre buvable après six semaines, alors qu'il faut attendre quatre mois à peu près avec l'autre mode de fabrication. Ce système n'exige pas de soutirage, la fermentation se fait doucement, sans rejeter beaucoup de lies ; on peut bondonner lorsque la saveur est encore sensiblement sucrée. Dans les années où les pommes sont peu abondantes, on a pu faire un très bon cidre avec ce système, en employant seulement quatre hectolitres de fruit, et remplaçant les autres par huit kilogrammes de mélasse, que l'on délaie dans la quatrième macération, avant de mettre en fût.

Le cidre pour se conserver convenablement, ne doit pas être dans des tonneaux en vidange, parce que l'air permettrait à la fermentation acétique et butyrique de se faire ; ces liquides prendraient une saveur désagréable, en même temps que leur acidité pourrait causer des maladies de l'estomac, et provoquer parfois de violentes coliques. On peut éviter l'action de l'air, en versant dans les fûts un peu d'huile, pour faire à la surface du liquide une petite couche de 2 à 3 millimètres d'épaisseur.

Le cidre se garde rarement au-delà de quatre ans ; on y arrive cependant en le nourrissant, c'est-à-dire en remplaçant dans un tonneau où l'on fait un soutirage, la quantité que l'on enlève, par du cidre doux de l'année.

D'après M. Boussingault, la composition d'un bon cidre d'Alsace était la suivante (1863) :

Alcool	69.95
Sucre interverti	15.40
Glycérine, acide succinique	2.58
Acide carbonique	0.27
— malique, tannique	7.74
— acétique	traces
Gomme	1.41
Potasse	1.55
Chaux, chlore, acide phosphorique, acide sulfurique	0.20
A reporter	99.10
Report	99.10
Matière azotée	0.12
Eau	920.78
Poids total du litre	1020.00

Il n'est pas rare de trouver en plus de ces matières, de l'alumine, de la silice ou de l'oxyde de fer empruntés aux terrains.

ALTÉRATIONS DU CIDRE. Lorsque le cidre est conservé pendant un certain temps, il peut s'altérer. On doit, autant que possible, pouvoir remédier à ces accidents. Le cidre se *trouble*, lorsque dans les années froides et pluvieuses, les fruits n'ont pu mûrir convenablement, et qu'ils n'étaient pas assez sucrés. Pour faire disparaître ce trouble, il faut soutirer le liquide et ajouter, pour 6 hectolitres de produit, 1 kilogramme de cassonnade dissoute dans 8 à 10 litres de boisson. La fermentation recommence et amène la clarification. La *pousse* est une fermentation secondaire, qui se développe au printemps, dans les liqueurs alcooliques, et qui est due à ce que tout le ferment n'a pas été précipité, vu l'insuffisance de la quantité d'alcool formé. On détruit cette altération en collant au cachou, et en transvasant dans un tonneau soufré. Après la précipitation du ferment, par la matière astringente, l'acide sulfureux contenu dans la pièce empêche l'effet du ferment qui n'a pas été enlevé. La *graisse* est une maladie qui a pour effet de donner au liquide une odeur putride et de lui faire prendre un aspect visqueux. Elle est due à une trop faible quantité de tannin dans les moûts ; le mucilage putrescible qui est abondant dans les fruits blettis ou pourris, n'ayant pas été enlevé. Bien des moyens peuvent être employés pour combattre cette maladie : 1° l'addition de 15 grammes de tannin par pièce de 230 litres (François) ; 2° l'addition du cachou, 30 grammes par hectolitre (Malaguti) ; 3° l'addition de racine de tormentille (100 grammes par hectolitre), ou de noix de galles (250 grammes pour la même contenance) ; 4° l'addition de 1 litre d'alcool, par deux hectolitres de cidre. *L'acidité* se développe très vite dans les cidres faits avec les pommes de première récolte ; elle peut tenir au développement de la pousse, à une mauvaise préparation, à une trop faible richesse en alcool. On peut, lorsqu'elle commence à se produire, la faire cesser par une addition de sucre, qui amènera la formation d'alcool ; mais, lorsqu'elle est déjà assez prononcée, il vaut mieux distiller de suite, pour faire de l'eau-de-vie de cidre. Plus tard, il n'y aurait plus, pour tirer parti du produit, qu'à le laisser s'acidifier totalement, pour en faire du vinaigre. Cette maladie est celle qui a donné lieu au plus grand nombre de fraudes, parce que souvent, les marchands, pour ne pas perdre leur produit, cherchent à saturer l'acide formé, par de la chaux, des cendres ou même de la litharge, et introduisent ainsi, dans la boisson, des matières assurément fort dangereuses pour la santé. Le cidre est parfois sujet à *se tuer*, c'est-à-dire à prendre peu après sa sortie du fût, une coloration brune plus ou moins intense.

Pour rendre au cidre noir sa coloration, il suffit d'y ajouter 20 à 30 grammes d'acide tartrique par

hectolitre, (Viau, d'Harfleur), ou plus, si les cidres étant primitivement acides, avaient été déjà saturés par des bases. On a aussi conseillé l'emploi de l'acide sulfureux, qui empêche les malates de se transformer en carbonates ; mais, ce procédé est difficile à suivre, à cause de la grande facilité avec laquelle l'acide sulfureux se transforme en acide sulfurique. Le remède peut dans ce cas devenir pire que le mal. La culture dans un terrain ferrugineux, donne un cidre qui se tue, par suite du protoxyde de fer contenu dans le liquide, lequel corps passe à l'air à l'état de sel de peroxyde. L'altération ne se produit pas, quand on a eu soin de soufrer les pièces ; on peut la faire disparaître en jetant dans le fût un peu d'écorce de chêne, laquelle amène la précipitation du sel de fer. Le cidre contenu dans des fûts entamés se recouvre souvent de *fleurs*. On nomme ainsi de petits champignons blancs qui se développent très facilement lorsque la température est un peu élevée. Leur production s'arrête par le refroidissement, et surtout en remplissant complètement les fûts.

Falsifications. Les cidres peuvent avoir été additionnés d'eau, d'alcool, de matières colorantes, de glucose ; on a pu, pour empêcher leur altération postérieure, y ajouter, soit de l'acide salicylique, soit des sulfites ; ils renferment quelquefois des bases, mises dans le but de saturer un excès d'acide (chaux, potasse, soude, plomb) ; enfin ils ont pu entraîner aux vases qui les contenaient des éléments métalliques (cuivre, zinc, plomb).

(*a*) Pour retrouver le *mouillage* ou l'*addition d'eau*, il faut comparer le cidre à examiner, avec un échantillon type ; rechercher la proportion d'eau, d'extrait sec à 100°, d'alcool, ainsi que de cendres. D'après l'analyse de Boussingault, nous avons vu que le cidre contient 920 grammes d'eau et 29ᵍ,27 d'extrait sec, par litre.

Dans ces derniers temps, M. Ch. Girard, directeur du laboratoire municipal de Paris, a indiqué des chiffres un peu plus élevés pour la quantité d'extrait. Il a admis comme minimum les chiffres suivants pour le cidre et le produit dit boisson :

	Cidre ordinaire.	Boisson.
Alcool.	5 à 6 0/0	3 0/0
Extrait à 100°. . . .	30 à 38 gr.	18 gr.
Cendres.	2ᵍ,75 à 2ᵍ,80	1ᵍ,7

ces cendres doivent contenir 2ᵍ,15 de sels solubles dans un bon cidre, et 0ᵍ,30 environ de phosphates insolubles. Leur nature peut guider dans les recherches, en se rappelant que les malates et acétates sont transformés en carbonates par la calcination.

(*b*) L'alcool sera retrouvé par la distillation ; plus le cidre sera dilué, et remonté en alcool, moins on retrouvera, en outre, de sels solubles.

(*c*) Dans un grand nombre de cidres, on ajoute lors de la fermentation, des matières colorantes propres à donner une belle teinte, sans intention de faire de sophistication véritable. La cochenille est très employée en Normandie dans ce but ; on fait aussi des caramels spéciaux pour le même usage. On a encore signalé la présence du coquelicot, du permanganate de potasse. Ces additions sont quelquefois difficiles à retrouver, à cause de la petite quantité de matière ajoutée. Pour reconnaître la *cochenille* ou le *coquelicot*, on prend 5 grammes de cidre et y ajoute 5 grammes d'une solution d'alun à un dixième ; on y verse goutte à goutte une solution de carbonate de potasse à un huitième. Lorsque le cidre est naturel, l'alumine en se précipitant forme un dépôt gris-cendré ; s'il y a de la cochenille, le précipité est rouge, et soluble dans un excès d'alcali ; si c'est du coquelicot, le précipité est gris-brunâtre, et la liqueur filtrée devient bleue à l'air, en contact avec un alcali (Nees d'Esembech). Pour rechercher le *permanganate de potasse*, on ajoute au cidre, dans un tube à essai, de la potasse en solution, et au dixième. Si le cidre est naturel, la coloration s'avive et persiste par l'ébullition ; si cette coloration est due au permanganate, il y a, à chaud, décoloration, trouble, et dépôt manganeux. Les *caramels* sont simples ou composés. Pour retrouver le caramel ordinaire, on acidifie légèrement le cidre avec une solution à un cinquantième de tannin, et on y ajoute de la solution de gélatine à un trentième. On agite : si le cidre est naturel, on obtient un précipité rose-pâle et un liquide incolore ; s'il y a du caramel, le précipité est rose, mais la liqueur est ambrée. Certains caramels contenant de la *fuchsine*, on recherchera cette dernière, en traitant le cidre dans un tube, par le sous-acétate de plomb ; on agite et ajoute de l'alcool amylique. La fuchsine se dissout dans ce dissolvant, et le colore en rose ; la teinte doit disparaître par l'action de l'ammoniaque, et se régénérer, lorsque l'on sature par l'acide acétique.

(*d*) Pour rechercher le *glucose*, M. Ch. Girard emploie le procédé suivant, basé sur ce fait que les glucoses renfermant des matières non fermentescibles, devient à droite le plan de polarisation. On commence par faire fermenter complètement le cidre, pour se débarrasser de la totalité du sucre interverti, qui pourrait, en se dissolvant partiellement dans l'alcool, pendant le traitement, donner des chiffres erronés. Le liquide fermenté est saturé par un excès de craie, qui forme des malates et succinates de chaux. Ces sels étant insolubles dans l'alcool absolu, on obtient, en traitant par ce dissolvant, une solution ne contenant d'autres matières actives que celles du glucose. On évapore l'alcool, reprend par l'eau et décolore au charbon animal, et on obtient, s'il y a du glucose, une solution qui dévie à droite la lumière polarisée. On note le nombre de degrés au saccharimètre, ou au polarimètre. (*Annales d'hygiène publique*, fer. 1881. p. 198).

(*e*) Pour retrouver l'*acide salicylique* ajouté aux cidres, dans le but d'en empêcher l'acidification, on prend une quantité indéterminée de cidre, on y ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique, puis de l'éther ou de l'alcool amylique. On agite, sans secouer trop énergiquement, puis on décante le liquide dissolvant, et l'évapore. Le résidu repris par l'eau, étant additionné d'une solution faible de perchlorure de fer (densité 1,007), donne une magnifique teinte violette, lorsqu'il y a de l'acide

salicylique. On peut doser celui-ci, par l'acidimétrie, ou au moyen d'une échelle comparative, donnant des intensités différentes comme couleur, suivant la proportion d'acide salicylique existant (Pelay).

(*f*) L'*acide sulfureux* ajouté aux cidres, pour empêcher l'acétification, y est introduit généralement sous forme de *bisulfite de chaux*. Pour reconnaître la présence de ce corps, on prend 50 grammes de cidre, on y ajoute 5 grammes d'acide sulfurique pur, puis on fait ensuite barbotter dans le mélange un courant d'air ou d'acide carbonique pur. Le gaz entraînant l'acide sulfureux, si on reçoit ce dernier dans une solution titrée de chlorure de baryum mélangé d'eau iodée, on obtient un précipité blanc de sulfate de baryte, dont on n'a plus qu'à prendre le poids après dessiccation. Ce poids permet de calculer à combien de bisulfite correspond le sulfate de chaux formé.

(*g*) Lorsque les cidres acides ont été saturés par une base, avant d'être mis en vente, on pourra y retrouver, avons-nous dit, de la chaux, de la potasse, de la soude ou du plomb. Dans toutes ces opérations, on devra prendre un poids donné de cidre, l'évaporer à siccité, calciner pour avoir les cendres, et traiter celles-ci par quelques gouttes d'acide azotique ou d'acide chlorhydrique, et finalement reprendre par l'eau distillée. On recherche alors les bases dont nous avons parlé. Lorsque l'on doit retrouver : 1° la *chaux*, il faut se souvenir que l'eau employée pour le remiage a introduit dans la pulpe une plus ou moins grande quantité de sels calcaires, dont il importe de tenir compte. En traitant le résidu par une liqueur titrée d'oxalate d'ammoniaque, on obtiendra un précipité blanc d'oxalate de chaux, et la quantité de sel ammoniacal employé donnera, par le calcul, la teneur en chaux. Si l'on a mis du carbonate de chaux pour satùrer l'acide, on retrouvera l'oxyde de calcium en très grande quantité. Pour voir s'il y a un *acétate*, on décolore du cidre avec le charbon animal, puis on évapore à siccité. L'alcool servira à traiter l'extrait ; il s'empare de l'acétate. On chasse l'alcool et on chauffe avec de l'acide arsénieux. S'il se dégage une odeur alliacée, c'est qu'il s'est formé de l'oxyde de cacodyle, et qu'il y avait un acétate ; 2° la *potasse* serait précipitée par le bichlorure de platine, et dosée à l'état de chloroplatinate de potasse ; 3° la *soude* n'est recherchée que lorsque les réactifs n'indiquent pas la présence de la chaux ou de la potasse dans les cendres ; comme on a formé un azotate ou un chlorure, on détermine par le calcul, la proportion de base de l'un de ces sels ; 4° quant au *plomb*, il peut avoir été mis à l'état de litharge ou de céruse, pour adoucir le cidre aigri. Cette pratique dangereuse, que l'on ne saurait trop blâmer, existait déjà il y a bien longtemps en Normandie, puisque Lepec de la Cloture en parle dans ses *Etudes médicales sur la Normandie*, et que des arrêts du Parlement, en date de 1775 et 1784, l'interdisent formellement (V. *Recherches sur l'intoxication saturnine*, par J. Cloüet, Rouen, 1874). On employait alors « 1 livre de litharge, pour 500 pots de cidre. » De nombreux accidents ont été occasionnés à Paris, en 1851, par l'emploi de cidres clarifiés avec 125 grammes de sous-acétate de plomb et autant de carbonate de potasse, par fût de 230 litres. Mais il faut encore attribuer la présence du plomb dans ce breuvage acide, à d'autres causes que celles que nous venons d'indiquer, et, comme pour le découvrir, on emploiera les mêmes procédés, que pour les cas où le plomb a pu être introduit à l'insu du vendeur, nous indiquerons de suite ces causes.

(*h*) Le cidre, en vertu de l'acide qu'il contient, peut attaquer les vases métalliques, les poteries et même le cristal, après un temps relativement assez court. Nous avons montré, que lorsqu'il séjourne pendant une nuit dans les tuyaux en étain plombifère de pompes élévatoires, il peut être dangereux à boire (loc. cit., J. Cloüet) ; il en est de même, lorsqu'il est en contact avec le zinc des comptoirs des marchands de vins, et retombe, comme baqueture, dans des vases où il est conservé, ou lorsqu'il est laissé dans des cruches en grès à émail plombifère. Nous avons signalé un grand nombre d'accidents dus à cette cause, et que l'on ne devrait pas voir, si les règlements administratifs étaient sérieusement exécutés. Pour retrouver le plomb, le zinc, le cuivre, on opérera comme il a été indiqué pour les autres bases, par incinération. Les cendres reprises par l'eau, donneront, s'il y a du *plomb*, un précipité blanc avec le sulfate de soude, des précipités jaunes avec l'iodure de potassium ou le chromate de potasse ; des précipités noirs, avec l'acide sulfhydrique ou les sulfures alcalins. Dans le cas où le cidre aurait été en contact avec des objets en *cuivre*, le résidu donnerait un précipité, puis une coloration bleue par l'ammoniaque ; un précipité brun, avec le cyanure jaune de potassium. Les sels de *zinc* seraient reconnus par le précipité blanc donné par les carbonates alcalins, par l'acide sulfhydrique (dans une liqueur neutre) ; ou par le précipité jaune foncé occasionné par le cyanure rouge de potassium.

Production. La production totale du cidre peut être considérée, en moyenne, comme étant de 12 millions d'hectolitres par an ; mais la récolte est bien variable avec les années. Ainsi elle fût, en 1876, de 12,500,000 hectolitres d'une valeur de 100 millions de francs ; en 1878, de 10,900,000 hectolitres ; en 1879, de 7,738,000 hectolitres ; en 1880, de 5,465,000 hectolitres, c'est-à-dire égale à la moitié de la récolte ordinaire. Les 11/12e de la fabrication totale, reviennent à la région Nord-Ouest de la France, la Normandie fournissant à elle seule plus de la moitié. On fait du cidre dans trente-deux départements ; à la tête se place le département de la Manche, qui produit normalement plus de deux millions d'hectolitres, d'une valeur de 5 millions de francs. La quantité fabriquée dans la Nièvre, le département qui en donne le moins, est presque insignifiante, puisqu'elle n'a été, en 1880, que de 10 hectolitres. — J. C.

Bibliographie : Julien le Paulmier : *Traité du vin et du cidre*, Caen, 1589, 1 vol. in-12 ; Darcet : *Sur l'altération du cidre*, in : *Annales d'hygiène et de médecine légale*, 1829, t. II, p. 304 ; Parent-Duchatelet : *Sur les comptoirs de marbre et d'étain des débitants*, in : *Annales d'hygiène*, 1831, t. VI, p. 52 ; Ch. Roesch : *De l'abus des boissons spiritueuses*, in : *Annales d'hygiène*, 1838, t. XX, p. 273 ; Ch. Roesch : *Dictionnaire de l'indus-*

trie, 1835, art. *Cidre*, t. III, p. 407; A. CHEVALLIER : Art. *Cidre*, in : *Dictionnaire des drogues simples*, 1850, t. I, p. 203; A. CHEVALLIER : *Des accidents causés par l'usage du cidre;* in : *Annales d'hygiène,* 1842, t. XXVII, p. 204, loc. cit., 1861, t. XV; *Des cidres adoucis au moyen des préparations de plomb,* loc. cit., t. XLIV, p. 69; *De la nécessité de proscrire les vases de plomb pour la conservation des matières alimentaires,* etc., loc. cit., t. L, p. 314; A. CHEVALLIER et BAUDRIMONT : *Dictionnaire des altérations,* 187, art. *Cidre*, p. 263; A. GOSSELET : *Rapport sur l'action des tuyaux de plomb sur les liquides alimentaires,* Lille, 1853; J. GIRARDIN : *Lettres à M. de Gasparin sur l'ancienneté de l'usage du cidre en Normandie,* in : *Comptes-Rendus de l'Institut*, 1844, n° 26, p. 1194; *Mélanges d'agriculture, d'économie rurale et publique,* 2e vol., p. 3; *Excursion agricole à Jersey* (avec J. MORIÈRE), Rouen, 1857; *Traité de chimie élémentaire,* 1873, t. III, p. 485; A. TARDIEU : *Dictionnaire d'hygiène publique*, t. I, p. 325, t. III, p. 156; AL. DUBREUIL : *Cours élémentaire d'arboriculture,* 1851, 2e partie; DUBRUNFAUT : *Encyclopédie moderne,* Paris, t. IX, p. 398; *Annuaire de l'association normande :* Nombreux articles; FERON : *Thèse inaugurale sur le cidre* (Ecole de pharmacie de Paris); FERON : *Répertoire de pharmacie*, t. XII, p. 116; Lud. RABOT : *Du cidre, de sa préparation, de sa conservation et de quelques falsifications qu'on lui fait subir,* thèse de l'Ecole de pharmacie de Paris, 1861; Lud. RABOT : *Annales d'hygiène*, 1861, t. XVI, p. 111; LUNIER : *Production et consommation des liqueurs alcooliques*, in : *Bulletin de la Société française de tempérance*, 1874; De BOUTTEVILLE et HAUCHECORNE : *Le cidre*, Rouen, 1875 et 1876; LAILLIER : *Observations sur le cidre*, in : *Annales d'hygiène*, 1877, XLVIII, p. 19 et 224.

CIEL. Sorte de dais placé au-dessus d'un lit. || Plafond d'une carrière de pierres, d'une galerie de mines. || Voûte qui recouvre un édifice.

Ciel du foyer des chaudières à vapeur. *T. techn.* Dans les chaudières à vapeur à foyer intérieur, le ciel du foyer est formé généralement par une paroi métallique en cuivre, fer ou acier qui est établie au-dessous du niveau de l'eau dans la chaudière, de manière à être continuellement recouverte sur sa face extérieure. Autrement, en effet, le métal n'étant plus refroidi au contact de l'eau se trouverait rapidement brûlé. Pour éviter ce danger, le ciel du foyer est percé d'une ouverture fermée par un bouchon saillant ou *plomb fusible,* qui entrerait en fusion s'il arrivait en contact avec la vapeur par suite de l'abaissement du niveau d'eau; en démasquant l'ouverture, il amènerait ainsi dans le foyer la projection d'une certaine quantité d'eau, et éteindrait le feu. D'autre part, le chauffeur doit toujours s'attacher à maintenir le niveau de l'eau à dix centimètres au moins au-dessus du ciel du foyer, et ce niveau lui est indiqué par un trait marqué extérieurement et au-dessous duquel l'eau ne doit jamais descendre dans le tube indicateur.

Cette condition de ne pas découvrir le ciel du foyer amène à lui donner la forme presque plane qui se rencontre le plus fréquemment aujourd'hui. Toutefois, celle-ci n'est pas favorable à la résistance, comme le serait la forme en berceau ou en plein cintre, et le ciel du foyer s'affaisserait bientôt sous la pression de la vapeur s'il n'était soutenu par des armatures spéciales d'une installation particulièrement délicate. — V. CHAUDIÈRE A VAPEUR, FOYER.

CIERGE. Chandelle de cire plus ou moins longue, de forme généralement conique, destinée surtout aux cérémonies du culte. Les cierges peuvent se fabriquer soit à la cuiller, soit à la main. Pour obtenir la cire destinée à la fabrication, on débarrasse de leur miel les gâteaux pris dans les ruches et on les fait fondre. Le liquide résultant est passé sous pression à travers une toile. On obtient ainsi une substance jaune que l'on refond encore deux fois et que l'on blanchit, par une exposition à l'air. La cire fondue est mise en forme de rubans, et exposée en couches minces à la lumière solaire qui la décolore complètement.

Dans la fabrication à la cuiller, on suspend des mèches autour d'un cerceau mobile autour d'un axe vertical. Ce cerceau est suspendu à des hauteurs variables avec la longueur du cierge à obtenir. A l'aide de la *cuiller à jeter*, on verse le liquide fondu sur les mèches, après avoir pris le soin de placer au bas de chacune d'elles un petit tuyau de fer blanc, dit *forret*, qui reçoit la tête d'une mèche de bougie, ainsi préservée du contact de la cire qui la rendrait difficile à allumer. On arrose dix ou douze fois les mèches jusqu'à ce ce que l'on ait le diamètre voulu; si l'on veut avoir la forme conique on fait les arrosements successifs de plus en plus bas.

La grosseur convenable obtenue, on place les cierges dans un bassin d'eau tiède pour leur conserver leur mollesse. Chaque cierge est ensuite roulé sur une table longue et unie. Cette opération faite à l'aide du *polissoir* est complétée par la confection de la tête du cierge à l'aide d'un couteau en bois. Le séchage s'opère en accrochant les cierges à un cerceau analogue à celui dont nous avons parlé plus haut. On parfume les cierges avec une petite quantité d'huile essentielle introduite dans la cire fondue; on les colore au moyen d'une teinture à l'esprit de vin, introduite également pendant la fusion de la cire; on les décore en les prenant entre une pince en bois de buis qui permet d'obtenir des feuillages, des rosaces, des torsades, etc., que le *cirier*, suivant son goût, entremêle de papiers métalliques diversement colorés.

La préparation des cierges *à la main* présente les mêmes phases, seulement on donne au cierge sa forme primitive en pétrissant la cire à la main, au lieu de la couler, avec une cuiller, le long des mèches. Les cierges en cire pure n'existent pour ainsi dire plus.

La cire est aujourd'hui mélangée de stéarine ou de paraffine; le clergé catholique qui jadis exigeait la cire pure, en est même venu à admettre dans les cérémonies du culte, le cierge mélangé, dit *cierge autorisé*.

— L'usage des cierges remonte aux premiers temps de la chrétienté. On évalue à cinq ou six millions par an la dépense en cierges faite par les églises de France.

* **CIERGER.** *T. techn.* Mettre de la cire liquide sur les bords d'une étoffe que l'on a coupée, et

que l'on veut ainsi empêcher de s'effiler; on dit aussi *bougier*.

* **CIERGIER.** *T. de mét.* Celui qui fabrique ou vend des cierges.

CIGARE. (Dérivé d'après Littré du mot espagnol *cigarra*, cigale.) Rouleau de feuilles de tabac que l'on fume en aspirant la fumée par l'un des bouts.

Historique. Tout le monde connaît l'odeur particulière des feuilles de tabac brûlées, et l'action que leur fumée exerce sur le cerveau et l'organisme en général. C'est de là qu'est venu sans doute l'usage du tabac, soit comme médicament, soit comme distraction; cet usage est très ancien; les peuplades de l'Amérique fumaient déjà avant l'arrivée des Européens dans le nouveau monde. Christophe Colomb raconte, en effet, qu'il rencontra un grand nombre d'hommes et de femmes tenant à la main des tisons formés d'herbes, dont ils aspiraient le parfum. Le cigare des naturels de l'Amérique n'était pas une feuille de tabac roulée, c'était une cigarette, c'est-à-dire des feuilles sèches bourrées dans un tube.

C'est vers 1550 que Jean Nicot, ambassadeur de France en Portugal, introduisit quelques plants de tabac en France; son usage se développa rapidement, car 70 ans plus tard Richelieu le frappait d'un impôt. Toutefois le tabac à fumer, et particulièrement les cigares, ne prirent pas d'abord une grande extension; on fumait peu en public, la fumée de tabac laissait dans les appartements une odeur à laquelle on s'habituait difficilement; on étonnerait peut-être beaucoup de personnes en leur rappelant qu'il y a 30 ans on se cachait presque pour fumer un cigare dans les promenades publiques. Aujourd'hui le cigare a fait son entrée dans le monde, il s'est imposé aux odorats les plus rebelles et les plus délicats.

C'est depuis 50 ans environ que la consommation des cigares a pris en France un développement rapide. Avant 1835, elle était à peu près stationnaire, et on fumait en France environ 58 millions de cigares par an, soit environ 6 par an et par homme adulte. En 1863, la vente s'est élevée à 655 millions, soit 73 par an et par homme adulte. Actuellement on atteint presque le chiffre de 900 millions, soit 100 par an et par homme adulte; c'est-à-dire seize fois plus qu'il y a 45 ans. Une des principales causes de ce développement est la création du petit cigare de 5 centimes, qu'on appelait le petit Tonneins et qui étant à la portée du pauvre et du riche, a répandu dans toutes les classes de la société l'habitude de cette méthode de fumer. Quoique les chiffres cités plus haut soient très élevés, on se tromperait en supposant que le tabac fumé en France, sous forme de cigares, représente en poids réel une fraction très notable de la consommation totale du tabac sous toutes ses formes. Cette fraction est inférieure à un dixième, et cependant le cigare occupe dans la consommation et dans l'industrie une place considérable, parce que c'est le produit de luxe, celui qui présente les plus grandes variétés dans sa qualité et dans ses prix. C'est à ce point de vue que son étude offre de l'intérêt.

Il est assez difficile de faire l'historique et la statistique du cigare pour les pays autres que la France, parce que l'industrie étant libre dans la plupart d'entre eux, et l'impôt ne frappant que la matière première, il n'existe pas de comptes généraux pour chacun d'eux. Depuis les pays, comme l'île de Cuba, où l'on fume à peu près exclusivement des cigares, jusqu'aux contrées orientales, comme la Turquie, où l'on en fume peu, les proportions varient à l'infini. Dans l'Autriche proprement dite, chaque homme adulte fume en moyenne 200 cigares par an; en Allemagne, en Hollande, en Belgique et en Amérique on fume également beaucoup plus de cigares qu'en France. Dans tous ces pays, l'habitude du cigare s'est développée depuis longtemps, mais la consommation n'en continue pas moins partout son mouvement ascensionnel. Si l'on observe que l'on n'est pas encore parvenu à fabriquer mécaniquement ce produit, qu'en France seulement il y a plus de 15,000 femmes employées à cette fabrication, on se fera une idée de l'importance considérable que cette industrie a prise dans le monde entier.

Théorie de la combustion d'un cigare. Le cigare est une feuille de tabac qu'on brûle et dont on aspire la fumée. L'étude des phénomènes chimiques de cette combustion a été faite par M. Schlœsing, directeur de l'école d'application des manufactures de France; il en a tiré des conclusions très remarquables et des règles pratiques pour la culture et la fabrication.

Le tabac se compose: 1° de matières minérales: potasse, chaux, magnésie, acide phosphorique, acide sulfurique, chlore, etc; 2° de matières organiques: cellulose, résine, acides malique, citrique, oxalique, pectique, nicotine, huiles essentielles, etc. Quand on chauffe peu à peu une feuille de tabac jusqu'à la brûler, il y a, avant la combustion complète, une distillation, c'est-à-dire une décomposition de la matière organique en produits volatils qui sont enlevés par l'air et en charbon qui reste mêlé aux matières minérales pour former les cendres. Si la température est très élevée, que l'accès de l'air soit facile, le charbon rougit et brûle et les produits volatils s'enflamment; lorsque le degré de chaleur est insuffisant, les produits volatils échappent à la combustion, et le charbon brûle ou résiste suivant son état d'agrégation. Chacun sait, en effet, qu'un charbon compact brûle difficilement, qu'un charbon poreux s'enflamme facilement, garde bien son feu et brûle longtemps et que la poussière d'un charbon léger et poreux brûle complètement lorsqu'on en a allumé en un seul point une très petite quantité.

Voyons ce qui se passe dans un cigare allumé. Les matières minérales forment les cendres blanches; le charbon brûle et constitue le feu; la chaleur dégagée par la tranche en ignition décompose la tranche voisine pour former du charbon qui rougit et brûle, et des produits volatils, acide carbonique, eau, nicotine, essences, etc., qui sont entraînés dans la bouche à travers le cigare et constituent la fumée; la température est d'ailleurs insuffisante pour enflammer ces produits qui se refroidissent dans l'intérieur du cigare.

D'après cela quelles sont les conditions que doit remplir un cigare pour être bien combustible, c'est-à-dire pour s'allumer facilement et ne pas s'éteindre entre deux aspirations du fumeur, raisonnablement espacées? Il faut: 1° que l'intérieur du cigare soit bien fait, de manière que l'aspiration soit facile et répartisse l'air uniformément dans la tranche du cigare où brûle le charbon; 2° que le charbon qui se forme par la décomposition du tabac soit à l'état poreux, afin qu'il prenne bien le feu et qu'il le garde. Ce charbon est mêlé aux matières minérales, si celles-ci proviennent de sels qui se boursouflent en se décomposant, le charbon sera lui-même boursouflé c'est-à-dire poreux. Or, les sels organiques à base de potasse présentent cette pro-

priété, contrairement aux sels à base de chaux, qui deviennent compacts en se décomposant. *La présence des sels organiques à base de potasse dans un tabac est donc la cause de la combustibilité.* Si on examine les bords de la tranche en ignition d'un cigare qui brûle bien, on remarque parfaitement la formation d'un bourrelet qu'il ne faut pas confondre avec le bord charbonneux compact des cigares incombustibles. D'autre part, les cendres des très bons tabacs sont souvent grises parce qu'elles renferment un excès de carbonate de potasse qui recouvre comme d'un vernis des parcelles de charbon, les préserve de l'air et empêche leur combustion. L'opinion très répandue qu'un cigare qui brûle bien doit avoir la cendre blanche n'est pas toujours exacte.

Tel est le principe de la combustibilité des cigares découvert par M. Schlœsing; ce savant chimiste en a déduit toute une série de procédés pratiques pour la culture et la fabrication; ses nombreux mémoires peuvent être consultés avec intérêt par les cultivateurs et les industriels; nous en verrons une application au lavage des feuilles destinées à la confection des cigares.

En dehors de la combustibilité, le cigare a deux autres qualités principales, la *force* et l'*arome*, qui résident dans les produits volatils de la fumée.

La *force* et l'*âcreté* des cigares dépendent de la proportion de nicotine contenue dans la fumée, et par conséquent : 1° du taux de nicotine qui existe dans le tabac; 2° de la manière dont se fait la combustion, c'est-à-dire de la plus ou moins grande quantité de cette matière organique qui est brûlée avant d'être entraînée par le courant d'air ; c'est pour cette seconde raison qu'un cigare mal fabriqué, qui brûle mal ou qui est mal allumé est presque toujours âcre. Le taux de la nicotine contenue dans les cigares forts de la Havane, varie de 1,5 à 2 0/0; au delà de ce chiffre, les cigares produisent des troubles rapides dans l'estomac et dans le cerveau. La plupart des feuilles de tabac récoltées soit en France, soit à l'étranger, en contiennent une proportion beaucoup plus forte, d'où la nécessité d'en enlever une partie, soit par la fermentation, soit par le lavage. Du reste, les feuilles de Havane sont elles-mêmes fermentées avant leur emploi.

L'*arome* particulier de chaque espèce de tabac dépend de certaines huiles essentielles qui sont encore mal connues. C'est généralement pendant la végétation qu'elles prennent naissance, sous les actions combinées du sol et du climat de chaque pays. Toutefois, les feuilles de la Havane paraissent renfermer après leur préparation une huile spéciale désignée par les allemands sous le nom de *nicotianine*, qui n'a pu être dosée, mais qui paraît être le résultat d'une décomposition de la nicotine produite dans la fermentation du *betunage* que subissent les feuilles après leur récolte. L'arome d'un cigare peut être plus ou moins fort suivant que la combustion aura détruit une plus ou moins grande quantité des huiles essentielles qui en forment le principe.

Ainsi au point de vue de la combustibilité comme au point de vue du goût, il faut soigner la confection des cigares, de manière que la combustion se fasse bien, que la circulation de l'air soit facile et régulière. Ces considérations générales permettent d'expliquer pourquoi un cigare brûle moins bien, et devient plus fort au fur et à mesure de sa combustion. En effet, la fumée en le traversant dépose dans son intérieur de la vapeur d'eau, des résines, des sels de nicotine, etc., de sorte que la dernière partie de tabac qui reste à brûler ne conserve plus ses qualités primitives. Enfin, les dimensions d'un cigare ont une influence certaine sur la force et l'arome de la fumée. On peut dire qu'à chaque tabac doit correspondre un module de cigare déterminé, et ce n'est pas seulement pour des raisons d'économie que certains fabricants de la Havane donnent des dimensions petites à des cigares qu'ils doivent vendre très chers.

Fabrication. Autrefois on confectionnait de différentes manières l'intérieur des cigares, on y plaçait des pailles, ou l'on y ménageait des cheminées pour faciliter la circulation de l'air. On comprend, d'après ce que nous venons dire plus haut, qu'il faut au contraire éviter que l'air circule dans une partie seulement du cigare, et l'obliger à se répartir uniformément dans la tranche en combustion.

Aussi tous ces systèmes ont été abandonnés à peu près complètement et l'on n'a plus dans tous les pays qu'un seul type qui se compose de trois parties :

1° L'*intérieur*, formé de morceaux de feuilles, déchirés, allongés et réunis en forme de petites bottes;

2° L'*enveloppe* qui consiste en un morceau de feuille rectangulaire dans lequel on enveloppe l'intérieur pour former un boudin comparable à une cigarette;

3° La *robe*, c'est-à-dire une bande de tabac taillée dans une feuille bien fine, d'une belle couleur, bien lissée, qu'on enroule en hélice autour du boudin et dont l'extrémité est assujettie au moyen d'un peu de colle. Les noms donnés aux trois parties du cigare varient avec les pays et même avec les fabricants. A la Havane on les appelle *tripes*, *sous-capes* et *capes*.

Choix et préparation des matières. Le tabac employé à la confection d'un cigare doit avoir les qualités suivantes : 1° être combustible ; 2° avoir du goût, de l'arome; 3° contenir environ 1,5 0/0 de nicotine.

En outre, les feuilles dans lesquelles on taille les robes doivent être fines, souples, résistantes, sans grosses nervures et d'une belle couleur.

La robe d'un cigare a une grande influence non seulement sur l'aspect, mais aussi sur le goût de celui-ci, quoiqu'elle ne représente que le huitième ou le dizième de son poids. Ainsi tout le monde sait qu'un cigare dont la robe est noire est presque toujours fort; cela vient de ce que la feuille dans laquelle elle est coupée contient beaucoup de nicotine; celle-ci se développe avec la maturité et ce sont les feuilles les plus mûres qui noircissent après la cueillette. Le fabricant de cigares se préoccupe donc avant tout de bien

choisir les tabacs destinés à être employés comme robes ; il en fait ensuite le triage feuille à feuille avec le plus de soins possible. Quant aux enveloppes et aux intérieurs on les fait avec des tabacs plus communs, avec les feuilles rejetées du triage pour robes ou avec les débris qui proviennent du coupage de celles-ci.

Les tabacs de la Havane ont à tous les points de vue une supériorité incontestable et incontestée. Nous leur consacrerons un paragraphe spécial. Après eux les tabacs les plus recherchés pour faire des robes, sont ceux de *Sumatra, Java, Brésil, Mexique, Saint-Domingue,* qui sont très aromatiques. Viennent ensuite, en *Amérique*, les tabacs de *Virginie, Kentucky* qui ont un goût plus fort, moins délicat, en *Europe* tous les tabacs légers de *Hollande,* du *Palatinat,* de l'*Alsace,* etc.. dont le goût est léger, mais souvent un peu amer, et en *France* les tabacs cultivés dans les départements suivants : *Dordogne, Gironde, Lot-et-Garonne. Hautes-Pyrénées, Landes, Savoie, Vosges, Meurthe, Pas-de-Calais.*

Quand les tabacs sont très aromatiques, toutes les préparations qu'on peut leur faire subir ne peuvent que nuire au goût; on se contente donc de les asperger avec de l'eau pour les assouplir ; on ouvre les feuilles, on fait le triage des plus belles qu'on donne de suite aux cigarières. Quand les tabacs sont trop forts ou qu'ils brûlent mal, on corrige ces défauts par des lavages ou des fermentations. Chaque fabricant organise ces préparations à sa manière ; nous exposerons ici les procédés employés par la régie française.

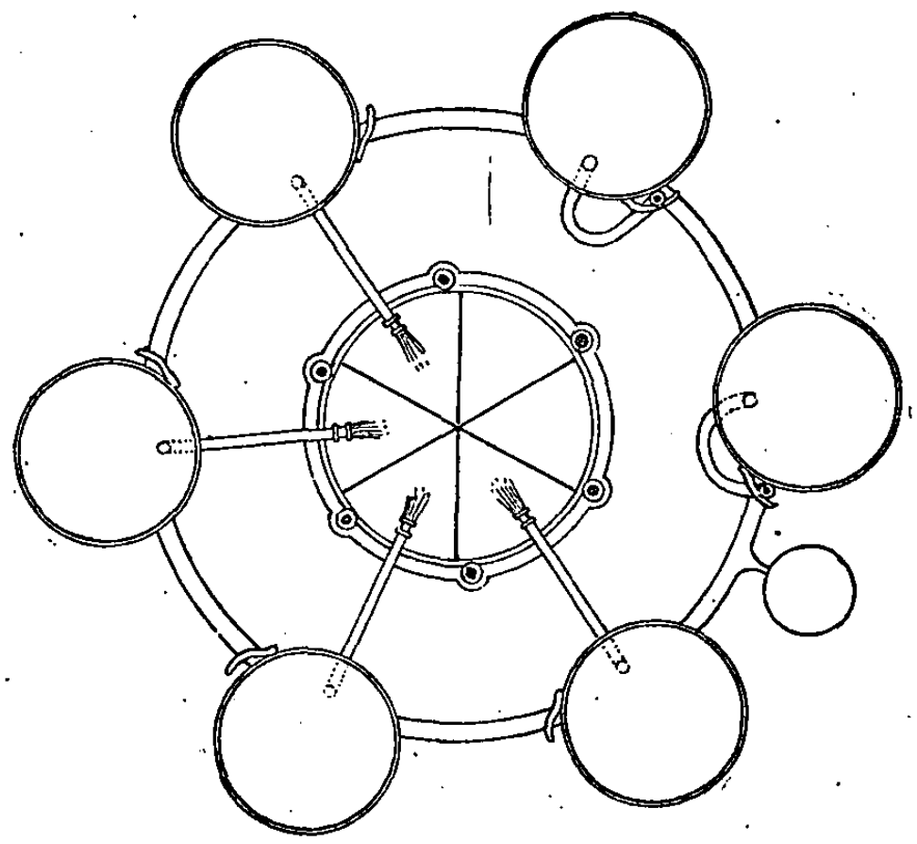


Fig. 240. — *Cuves de lavage.*

Autrefois, en France, tous les cigares d'un prix supérieur à 10 centimes étaient en tabac de la *Havane*; aujourd'hui les cigares à 15, 20, 25 et même 30 centimes sont en partie formés de tabacs de *Java, Sumatra* qui ne subissent aucune préparation. Les cigares à 10 centimes, dont la vente augmente rapidement depuis quelques années, sont recouverts avec des tabacs de *Sumatra, Java, Brésil, Mexique, Rio-Grande, Saint-Domingue, Hollande,* etc., employés sans préparations, et les plus beaux tabacs légers français, qui sont lavés pendant une heure dans l'eau pure.

Les enveloppes et les intérieurs sont formés à peu près uniquement de tabacs du Brésil et des feuilles rejetées des balles des tabacs précédents. Ces tabacs ne subissent également qu'un arrosage, afin qu'on puisse ouvrir et rejeter les feuilles impropres, puis elles sont enfermées pendant quinze jours dans des cases en bois. Les cigares ordinaires, à 7 centimes et demi et à 5 centimes, ne diffèrent que par la grosseur et le soin apporté à la confection. Il y a quarante ans, ils étaient composés de feuilles de Virginie, Kentucky, Maryland ; actuellement ils renferment encore une forte proportion de Kentucky, puis des tabacs d'Algérie, de Hongrie, et enfin toutes les premières qualités des tabacs légers français.

Autrefois les matières s'employaient sans préparations ; vers 1846, on commença à recourir à une fermentation légère ou à un étuvage à la vapeur. Enfin, depuis 1850, on les lave dans l'eau et dans les jus. C'est à Bordeaux que ce système a été employé pour la première fois ; il a été ensuite étudié et organisé méthodiquement par M. Schlœsing. Quand on plonge du tabac dans des jus provenant du lavage d'autres espèces, ce tabac cède aux jus une partie de ses principes solubles, et réciproquement absorbe une partie de ceux que les jus possèdent, et qui n'existaient pas ou en petite quantité dans les feuilles. Après deux heures de lavage, l'équilibre est établi, et si on se reporte à ce qui a été dit sur la combustibilité et le goût, on comprendra que la feuille a pu devenir plus combustible, changer de goût, qu'enfin elle s'est adoucie en perdant une partie de ses sels de nicotine.

Dans les manufactures de France on mélange ensemble toutes les espèces que nous avons indiquées plus haut, on en fait des ballotins que l'on plonge dans des jus d'abord très épais, puis très liquides et qui marquent 15°, 12°, 7°, 5°, 2° à l'aéromètre Baumé. Ces jus servent indéfiniment tout en se renouvelant ; à chaque opération on enlève une certaine quantité de jus fort qui est employé à d'autres usages et on ajoute de l'eau dans le jus le plus faible. Les feuilles restent au moins deux heures dans chaque jus, puis elles sont placées sous une presse ou dans une essoreuse qui commence la dessiccation. Celles qui doivent fournir les robes sont envoyées de suite dans les ateliers de confection. Les autres sont séchées, torréfiées à une température de 75°, puis mises en tas et maturées pendant vingt jours avant d'être données aux cigarières.

Le lavage des tabacs a été organisé industriellement de façon à faciliter les manœuvres. Six cuves, placées en rond sur le sol, reçoivent les tabacs et les jus ; elles sont munies de tubes en caoutchouc au moyen desquels on peut déverser les jus dans une cuve centrale à six compart-

ments, enfouie dans le sol ; celle-ci est montée sur un ascenseur hydraulique, qui l'élève au-dessus des premières cuves, de façon qu'on puisse reverser les jus dans celles-ci, en ayant soin de mettre dans la cuve nº 1 le jus provenant de la cuve nº 2, dans celle-ci le jus du nº 3, etc. De cette façon on fait passer facilement et rapidement tous les jus dans chaque cuve de tabac (fig. 240 et 241).

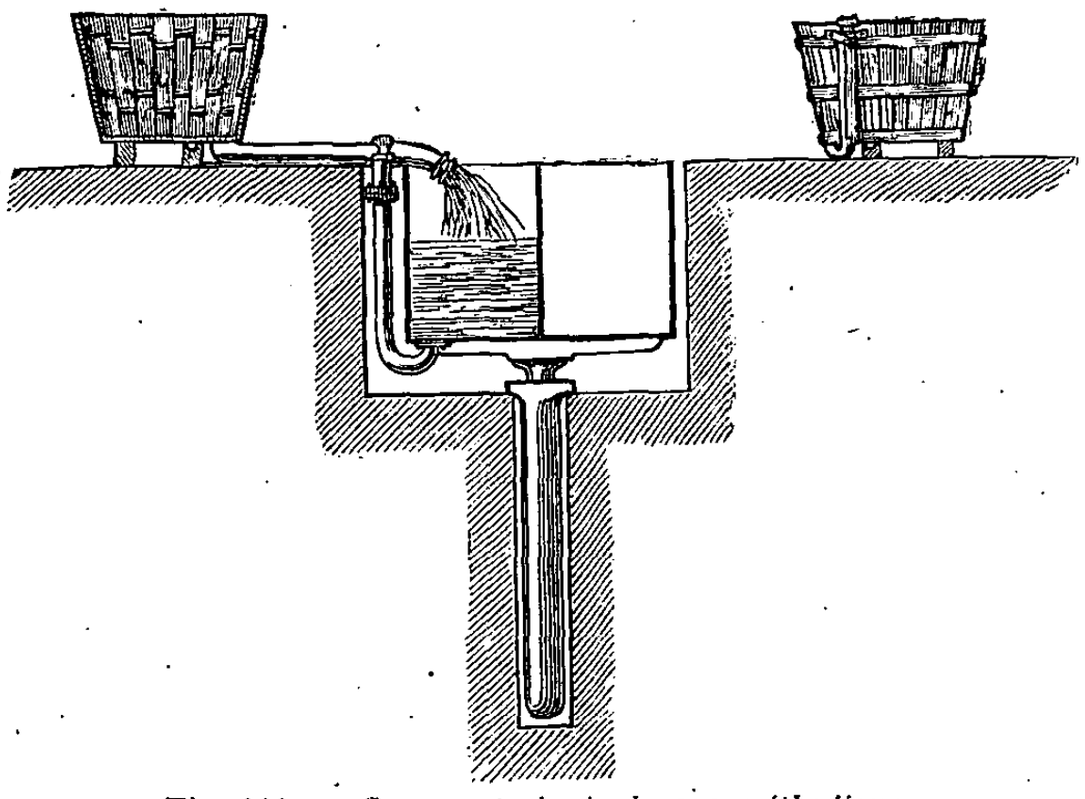


Fig. 241. — *Cuve centrale du lavage méthodique.*

Confection des cigares. On n'est pas encore parvenu à trouver une machine pratique pour confectionner les cigares. La feuille de tabac présente trop d'irrégularités dans ses côtes, ses nervures, sa couleur, l'épaisseur et la résistance de son tissu, pour qu'on puisse la confier à un outil mécanique; si l'on parvenait à transformer cette feuille en une sorte de papier ou de feutre, sans lui faire perdre ses qualités de combustibilité et de goût, on aurait alors un tissu uniforme qui pourrait être travaillé par une machine; des essais

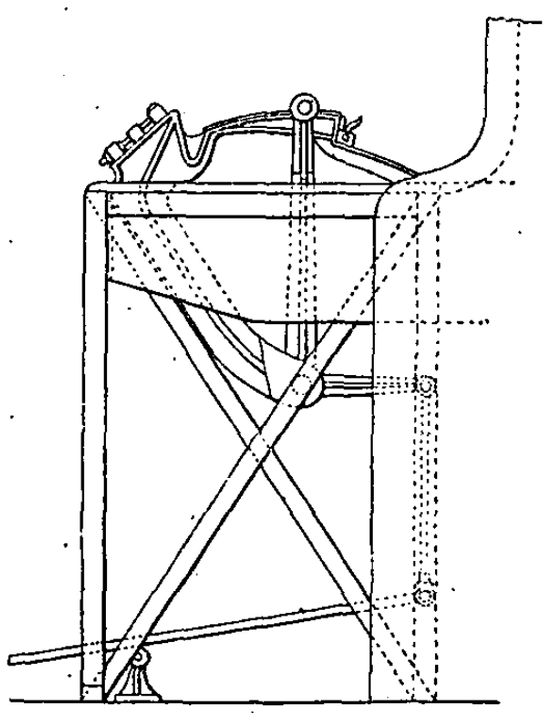


Fig. 242. — *Rouleuse Reiniger (profil).*

ont été faits dans ce sens, et n'ont pas abouti. Cependant il existe des machines confectionnant le cigare totalement ou en partie. En France, on utilise, depuis une quinzaine d'années, une rouleuse Reiniger pour fabriquer des boudins et même pour confectionner des cigares à bouts coupés. Son usage ne s'est pas développé, on ne s'en sert plus que dans un petit nombre de manufactures, pour le premier de ces travaux, et parce qu'elle permet d'employer des tabacs secs. L'enroulement se fait dans une feuille de caoutchouc, par une tige mobile au moyen d'une pédale, ainsi que l'indiquent les dessins suivants (fig. 242 et 243).

La confection des cigares à la main comprend deux parties principales: tailler les robes et rouler les cigares. Quand la feuille triée pour robes a été humectée ou lavée, qu'elle est bien souple on enlève la côte centrale en la saisissant par sa partie effilée (fig. 244 et 245); les deux moitiés séparées (fig. 246) sont étalées sur le genou puis mises sous presse pour être lissées; on les reprend ensuite, une à une, et on y découpe des lanières au moyen d'un couteau à roulettes (fig. 247). La taille doit être faite de façon que les nervures se placent lors de l'enroulement du cigare, suivant la longueur de celui-ci et ne fassent pas *bague* autour de lui.

Quelquefois on découpe à l'emporte-pièce plusieurs feuilles à la fois, mais ce système est rare-

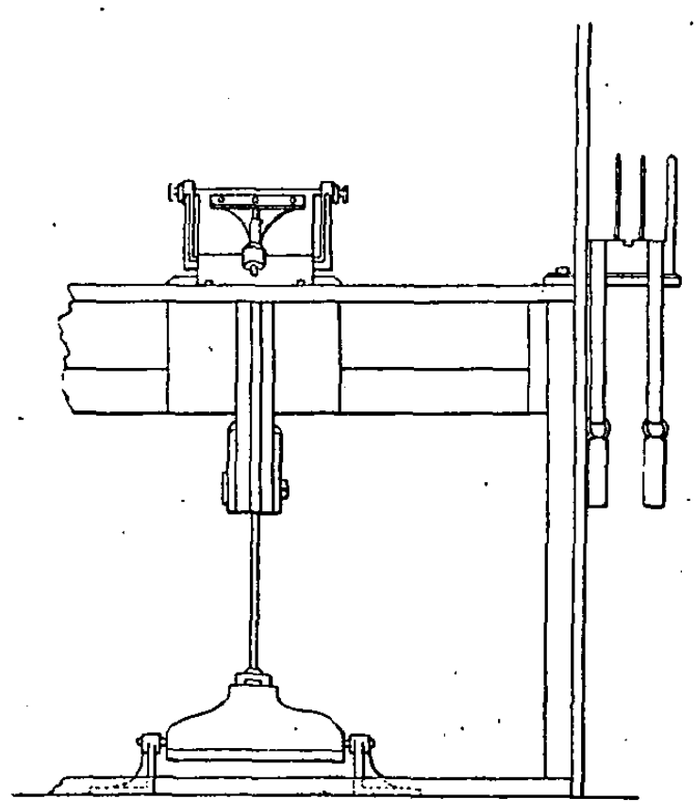


Fig. 243. — *Rouleuse Reiniger (face).*

ment économique; quand le tabac n'est pas très régulier, il donne beaucoup de robes mauvaises, et par suite, une forte proportion de déchets. La taille de la robe est faite, en général, par l'ouvrière cigarière elle-même, au fur et à mesure de la confection des cigares. Dans les grandes manufactures, particulièrement en France, ce travail est confié à des ateliers spéciaux et les robes sont livrées par paquets de 100 ou 200 aux cigarières.

Cette division du travail est économique au point de vue de la main-d'œuvre, mais peu avantageuse pour l'emploi des matières.

On roule le cigare de la manière suivante: l'ouvrière prend une feuille de tabac, enlève la côte, découpe dans la feuille, en la déchirant, une enve-

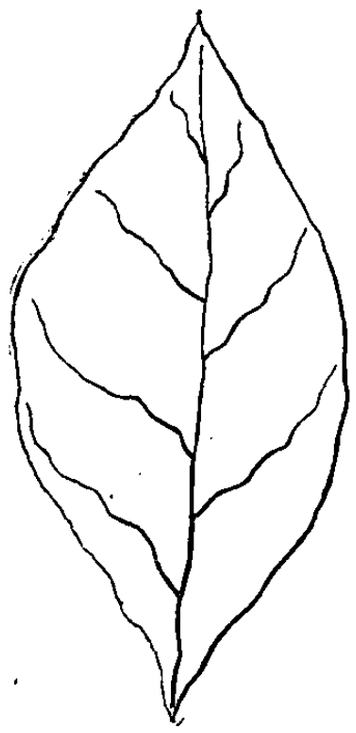


Fig. 244. — *Feuille étalée.*

loppe de forme rectangulaire, qu'elle place sur une table en l'étalant, les nervures en dessus; l'intérieur est préparé dans la main gauche et fait de brins allongés, bien régulièrement serrés et aussi secs que possible, puis roulé dans l'enveloppe. Autour du boudin obtenu on enroule, en hélice, avec la paume de la main, la robe préparée

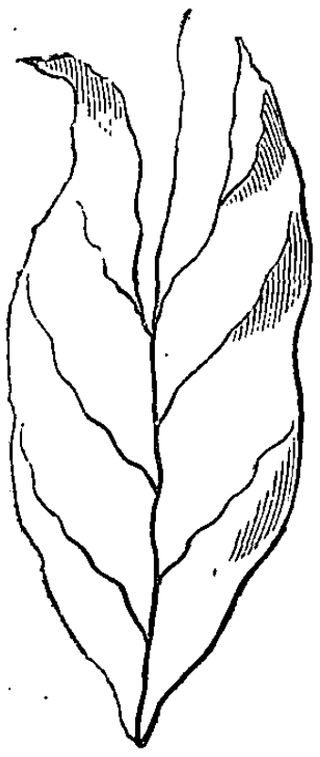


Fig. 245. — *Ecotage.*

d'avance, on coupe avec un couteau ou des ciseaux l'extrémité de celle-ci en forme de développante (fig. 248), de façon à pouvoir l'appliquer sur la tête conique du cigare et on la colle au moyen de gomme ou de colle de pâte colorée avec du jus de tabac. Le cigare est ensuite coupé à la longueur voulue au moyen d'un outil quelconque.

La confection des cigares nécessite un apprentissage de plusieurs mois, et les meilleures ouvrières sont celles qui ont appris dès leur enfance. Le nombre de cigares qu'une femme peut faire dans une journée de dix heures dépend de son habileté, de la souplesse des matières qu'on lui donne, de la grosseur du cigare et du degré de perfection qu'on exige dans la forme et dans

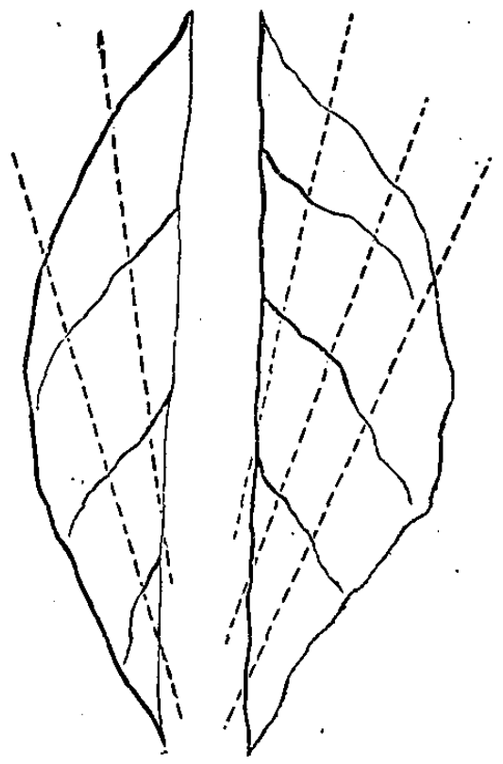


Fig. 246. — *Coupage.*

l'aspect. Une très bonne ouvrière fait 250 cigares à 0 fr. 10 français, et 500 cigares à 0 fr. 05. Le prix de la confection représente à peu près le tiers du prix de revient total, salaires, matières diverses, frais généraux.

Dans la plupart de nos manufactures françaises les ouvrières sont intéressées au bon emploi des

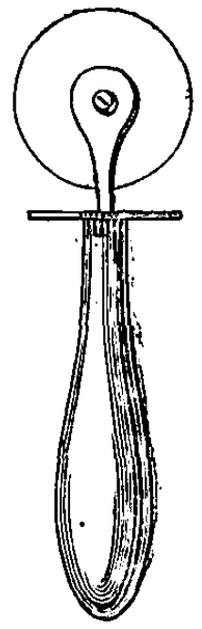


Fig. 247. — *Couteau pour la coupe des robes*

matières: celles qui ont su, dans le courant d'une semaine, par les soins apportés à leur travail, employer moins de tabac que leurs camarades touchent une prime payée par ces dernières.

Quelquefois on prend des précautions spéciales pour donner aux cigares une forme parfaitement régulière; les boudins sont placés dans des moules en bois, en plâtre ou en cire, et conservés vingt-quatre heures dans cet état avant d'être recouverts de leurs robes, souvent aussi les cigares sont placés dans ces moules après leur con-

fection et pendant leur séchage. En France on n'emploie ces procédés que pour les cigares faits avec des tabacs de la Havane.

Tous les cigares ont la forme ronde en sortant de la main de l'ouvrière; comme ils sont encore humides et souples, on peut les aplatir ou leur donner la forme carrée et même hélicoïdale, en les serrant dans des presses ou bien l'un contre

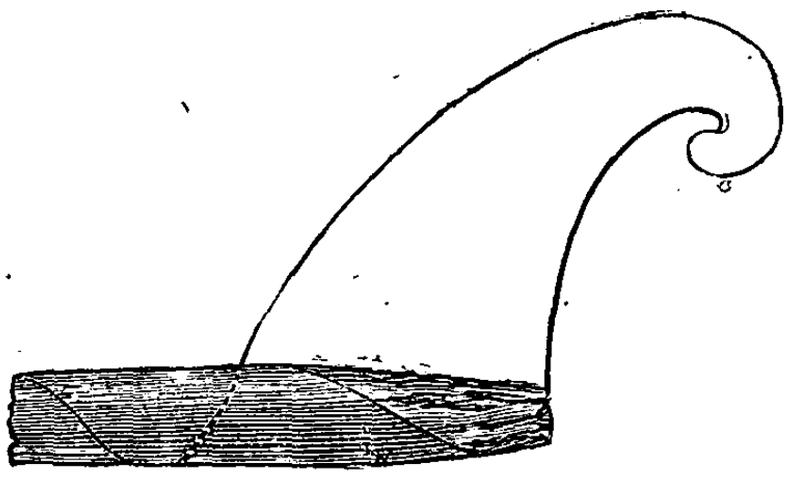


Fig. 248. — *Tête du cigare. Taille de la robe.*

l'autre, en paquets fortement liés. Ces transformations ne changent rien au goût des cigares mais elles améliorent souvent leur aspect, parce que les robes restent lisses et bien appliquées pendant le séchage.

On vend en France au prix de 7 centimes et demi des cigares carrés dits: *esquichados* qui sont faits de la manière suivante: on trempe des cigares ronds, bien souples, dans du jus de tabac de Kentucky et de Virginie; après égouttage, on les comprime entre des planchettes en zinc de façon à les aplatir; on les place ensuite de champ dans des moules en zinc par 10 ou 25 à la fois et on les comprime dans l'autre sens, de façon à leur donner la forme carrée. Après deux heures de séjour sous la presse on enveloppe les paquets dans du papier et on les porte au séchoir.

Séchage des cigares. Toutes les matières très humides brûlent difficilement; le tabac n'est pas

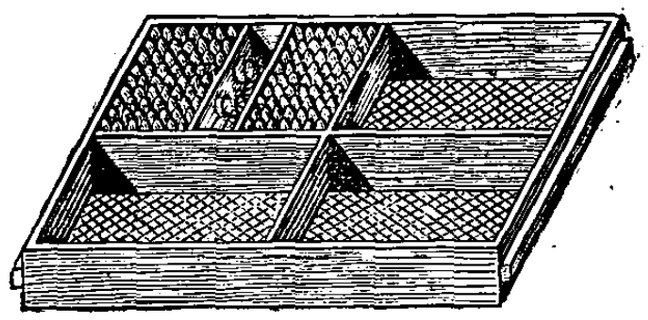


Fig. 249. — *Claie de séchoir.*

une exception. Cependant sa combustibilité ne dépend pas seulement de son état de siccité, mais surtout des sels organiques qu'il renferme; aussi on évite de dessécher trop les bons tabacs pour leur conserver leur goût et leur arome, et on les fume dans leur état de souplesse et d'humidité naturel, état dans lequel ils brûlent facilement.

En général, on cherche à fabriquer les cigares avec des matières aussi sèches que possible, mais la confection serait difficile et trop coû-

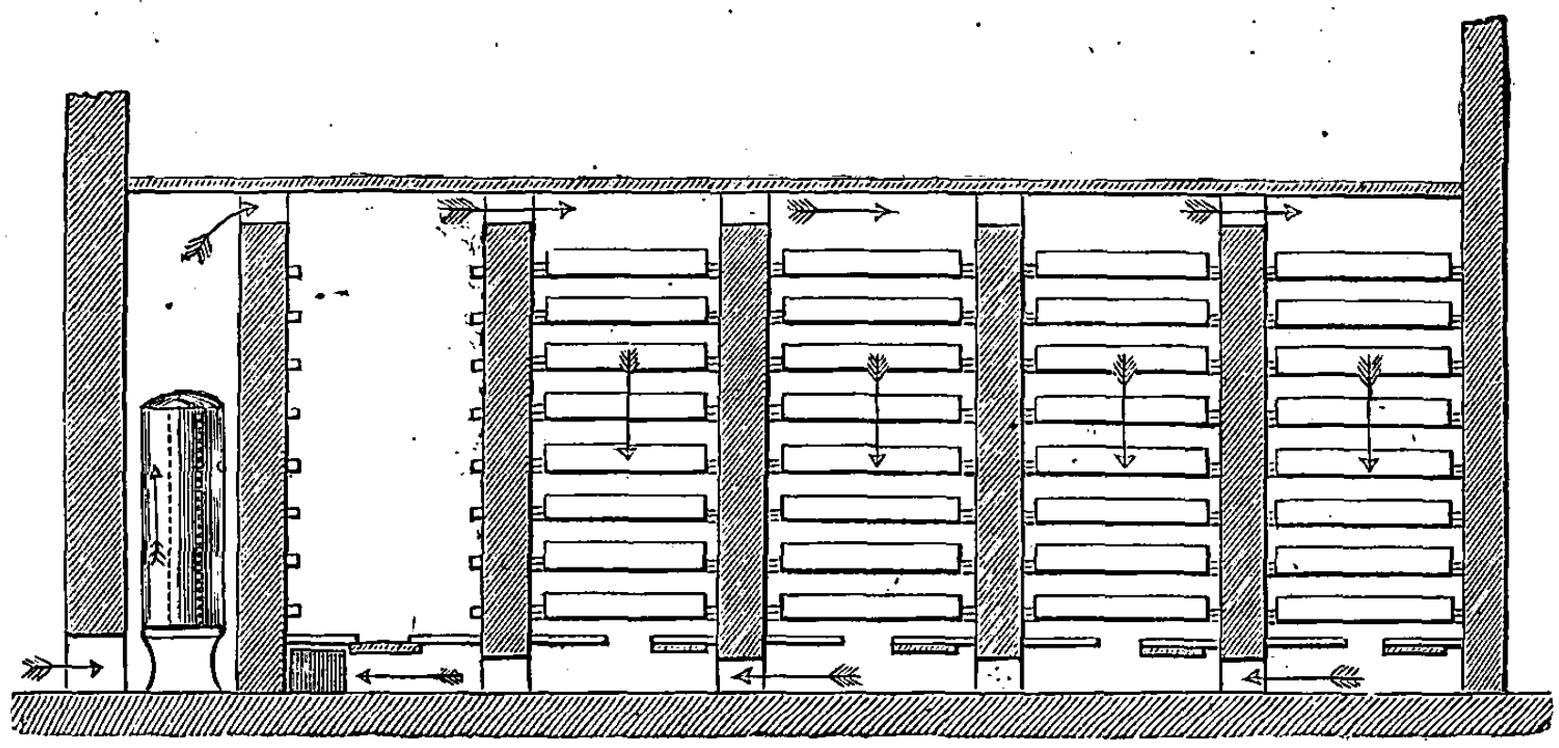


Fig. 250. — *Séchoir de cigares.*

teuse, si on ne mouillait pas les tabacs ordinaires; on est conduit alors pour conserver les cigares et les rendre aussi combustibles que possible à les dessécher, sauf à leur faire perdre une partie de leur goût. Cette dessiccation doit se faire graduellement dans une atmosphère de 20° à 30°. La disposition des salles de séchage varie à l'infini, nous indiquerons celle qui est adoptée dans les manufactures de France.

Les cigares sont placés debout dans des claies en bois de $0^m,80$ de côté, et munies d'un fond en toile métallique (fig. 249). Ils sont comprimés pendant la dessiccation par de petites planchettes poussées par des ressorts de façon qu'ils restent bien droits, que les robes soient unies et ne baillent pas. Les claies sont placées l'une au-dessus de l'autre dans des armoires fermées que traverse un courant d'air chaud. L'air chauffé par un poêle à vapeur pénètre à la partie supérieure des armoires, descend à travers celles-ci et se rend par la partie inférieure dans une cheminée où l'attire un ventilateur (fig. 250).

Les cigares humides sont placés au bas des armoires où la température est la plus faible, puis remontés au fur et à mesure de la dessiccation. Il faut quinze à vingt jours pour sécher convena-

blemement les cigares. Il est utile de les laisser reposer pendant un mois ou deux après leur séchage; en effet, la fabrication et la dessiccation leur laissent quelquefois un goût peu agréable qu'ils perdent avec le temps grâce à une sorte de maturation qui se produit dans leur intérieur.

Le tabac est une matière très hygrométrique; il suffit de quelques heures d'exposition dans un air très humide pour que les cigares bien secs se ramollissent et deviennent difficiles à fumer. Aussi faut-il prendre de grandes précautions pour les conserver: les cigares chers doivent être enfermés dans des boîtes, à l'abri de la lumière, de l'air, dans une chambre sèche, mais pas trop chaude. Il n'y a pas d'inconvénient à conserver les cigares ordinaires dans une température un peu plus élevée.

Cigares de la Havane. L'île de Cuba produit un grand nombre de crûs de tabac dont les principaux portent les noms suivants: *Yara, Gibara, Holguin, Rémédias, Partidos, Vuelta-Abajo.* La Vuelta-Abajo, seule, produit des tabacs justement renommés, et de plus ses crûs sont loin d'avoir des valeurs identiques; elles varient dans des limites plus considérables que celles des vins de Bordeaux.

Les essais faits dans le monde entier pour la culture des plants de la Havane n'ont pas donné de résultats satisfaisants, d'autre part, la demande des cigares de la Havane a pris dans tous les pays un énorme accroissement. Tant que le sol fertile de la Vuelta-Abajo a donné sans fumure des récoltes suffisamment abondantes, les prix des tabacs n'ont pas trop augmenté, mais petit à petit le sol s'est épuisé et la consommation croissant toujours, on a eu recours aux engrais énergiques, au guano, aux engrais humains. Le résultat de cette culture intensive a été satisfaisant pour les planteurs cubains, mais déplorable pour les fumeurs qui ont vu se perdre la finesse d'arome qu'ils recherchaient. Aujourd'hui, à part un petit nombre de wegas privilégiées, les tabacs havanais ont baissé de qualité; c'est un état de choses contre lequel il n'existe pas de remède. Les tabacs de bonne qualité se vendent 20 francs le kilogramme, les grands crûs ont des prix supérieurs très variables, tandis que les meilleurs tabacs de l'Amérique du Nord ou de la France valent 1 fr. 50 le kilogramme. Dans ces conditions, on comprend que les cigares d'un prix moyen, les londrès, par exemple, ne peuvent être fabriqués avec des tabacs de qualité supérieure; il est certain que les trois quarts des cigares qu'on vend à l'étranger sous le nom de cigares de la Havane, à des prix de 0 fr. 20, 0 fr. 25 et même au-dessus ne contiennent pas de tabac de la Vuelta-Abajo, ou n'en renferment que des débris ou des mauvaises feuilles.

Aussi les autres crûs aromatiques qu'on emploie pour la contrefaçon atteignent déjà des prix élevés: le tabac de *Sumatra,* par exemple, se vend au moins 13 francs le kilogramme.

La régie française achetait autrefois à la Havane tous les cigares d'un prix supérieur à 0 fr. 10. Pour lutter contre le renchérissement et l'abaissement de qualité que nous venons de signaler, elle a créé en France une fabrication spéciale de cigares avec des feuilles achetées à la Havane, elle a bénéficié ainsi de la différence de main-d'œuvre qui est excessivement chère à Cuba, et réalisé des économies sur l'emploi des matières que les ouvriers havanais ont l'habitude de gaspiller. Aujourd'hui les cigares de 15, 20 et 25 centimes sont tous fabriqués en France, ainsi que la grande majorité des cigares de 30 centimes et une faible partie des cigares de prix supérieur.

Les cigares de 15, 20 et 25 centimes sont faits avec des tabacs de Sumatra, Java, et Havane. Les londrès sont faits avec du tabac de Havane et recouverts quelquefois de feuilles de Sumatra.

Nous croyons devoir donner quelques détails sur le traitement des matières et la fabrication de ces cigares. Après leur récolte, les feuilles de la Havane contiennent 7 à 8 0/0 de nicotine; on les fait fermenter en les arrosant avec du *betun*, sorte de mixture dont la composition est variable et constitue un peu le secret du fabricant, de sorte qu'au moment de l'emploi le taux est réduit à 1 1/2 ou 2 0/0. Le climat chaud et humide de Cuba est très favorable pour ces fermentations ainsi que pour la fabrication, les feuilles restent souples et faciles à travailler. En France on conserve les feuilles dans des caves où l'on reproduit autant que possible l'atmosphère de Cuba. On les tient à l'abri de la lumière, des variations de température; les balles sont isolées du sol et des murs latéraux, superposées sur une petite hauteur; les tabacs propres à la couverture des cigares, sont placés au sommet des piles pour éviter une trop grande pression qui imprimerait des stries ou des plis au tissu des feuilles et qui pourrait occasionner des altérations. Les tabacs sont examinés fréquemment pour être mis en fabrication à l'instant précis où leur maturation lente a diminué leur force sans nuire à leur arome. Au moment de leur mise en œuvre, ils sont légèrement humectés pour pouvoir être examinés et triés. Ce triage payé jusqu'à 0 fr. 20 le kilogramme est fait avec un soin minutieux, et chaque feuille reçoit sa destination particulière. Les feuilles pour capes sont installées sous des presses ou des rouleaux et livrées rapidement à la confection pour conserver leur velouté et leur brillant; les sous-capes et les tripes sont maturées plus ou moins longtemps suivant leur état. La confection des cigares se paye de 2 à 3 francs le 100; les intérieurs et les cigares eux-mêmes sont placés sous des formes et séchés à une température basse et régulière; ils sont ensuite classés soigneusement, suivant la couleur, en *maduro* (foncés), *colorado* (moyens), *claro* (clair), etc.

Tous les cigares d'un prix supérieur à 50 cent. sont achetés directement aux fabricants de la Havane. La régie française est obligée de les conserver dans des locaux et de les faire vendre dans des débits particuliers, et on ne saurait trop engager les consommateurs à les enfermer dans des meubles spéciaux, à l'abri des courants d'air, de l'humidité, de la lumière et de la chaleur.

Les prix de vente en France des cigares achetés à la Havane varient de 0 fr. 30 à 5 francs la pièce; ils sont établis de façon à donner au Trésor un revenu de 36 francs le kilogramme (poids réel); c'est, du reste, le droit d'entrée perçu par la douane française sur les cigares importés directement par les consommateurs.

Les maisons de fabrication de la Havane sont très nombreuses; beaucoup d'entre elles ont des marques de fabrique: *Flor de Tabacos*, *El Aguila de Oro*, *la Légitimidad*, etc., etc. D'autres ont comme marque de leurs produits leur propre nom, *Upmann*, *Villar y Villar*, *Cabanas*, *Carvajal*, *Conill*, etc., etc.

Pour distinguer les divers modules de cigares, c'est-à-dire leur forme, leur grosseur et leur qualité, les fabricants leur ont donné des noms spéciaux dont un certain nombre sont très connus du public. Nous citerons par exemple: les *Londrès*, *Médianos*, *Trabucos*, *Cazadores*, *Régalia*, *Brevas*, *Conchas*, *Impériales*, *Rothschilds*, *nec plus ultra*, etc.

La liste des prix de ces cigares est trop longue pour pouvoir être donnée ici. Leur qualité varie d'une marque à l'autre; elle dépend, pour une même marque, des soins apportés à la fabrication et surtout des qualités de feuilles que le fabricant aura su acheter parmi les nombreuses végas de l'île de Cuba.

Cigares de Manille. L'île de Manille produit des tabacs légers et doux qui sont estimés d'un certain nombre de consommateurs. Dans l'extrême Orient on fume considérablement de cigares de cette provenance; en France on en vend de deux modules différents; à bouts coupés, vendus 0 fr. 20 pièce, à bouts tournés, vendus 0 fr. 15. Ces cigares ne sont pas fabriqués en France; la régie les achète par l'intermédiaire des consuls étrangers.

Cigarettos. On a fabriqué pendant quelque temps une sorte de cigares présentant quelque analogie avec les cigarettes, ce qui leur a fait donner le nom de *cigarettos* ou *cigaros*. Leur intérieur est fait de tabac à fumer ou scaferlaty ordinaire; l'enveloppe et la robe sont des feuilles de tabac, comme dans la confection ordinaire. Ces produits sont assez doux, mais ils ne paraissent pas avoir joui de la faveur du public. — M.

CIGARETTE. Petit tube de papier rempli de tabac à fumer.

Le papier qui sert à la confection des cigarettes doit être fait avec des chiffons de toile et surtout du *chiffon dur*; on nomme ainsi la toile peu lessivée. Les chiffons recueillis en Bretagne sont fort estimés pour la fabrication de la pâte du papier à cigarettes, à cause des rares blanchissages que, dans cette contrée, on fait subir au linge de corps. On trouvera au mot Papier les détails techniques, mais disons de suite que les papiers teintés ne servent qu'à masquer des qualités inférieures et renfermant parfois des éléments nuisibles; les fumeurs de cigarettes doivent les repousser pour ne faire usage que du papier blanc dépourvu de tout collage.

L'usage de la cigarette est aussi ancien que celui du cigare, mais il n'est pas possible de dire dans quelles limites cet usage était autrefois répandu, parce que les fumeurs confectionnaient eux-mêmes leurs cigarettes. Jusqu'en 1872, la régie française ne fabriquait annuellement que dix millions environ de cigarettes, de modules peu variés; c'étaient en général des tubes de mince papier, ou de feuilles de maïs laminées, munis à une extrémité d'une spirale de carton et d'un tampon de coton destiné à maintenir le tabac. Les cigarettes de tabac d'Orient présentaient plus de variétés, mais leur prix étant élevé, et leur goût tout à fait spécial, la vente en était limitée à un petit nombre de consommateurs. En 1872, la régie offrit au public des cigarettes en tabac ordinaire, de formes simples, semblables à celles que les fumeurs avaient l'habitude de fabriquer eux-mêmes, et mises en petits paquets de vingt. Les ventes annuelles prirent de suite une extension considérable; elles se sont élevées dans l'intervalle de neuf ans, de 10 à près de 900 millions. On a

Modules	Espèce de tabac	Mode de paquetage	Prix du paquet de 20 cigarettes	Consommation en 1881
Françaises	Caporal ordinaire	Papier bleu	» 30	322.439.000
	Maryland	Vert	» 40	318.006.000
	Levant	Lilas		
	Latakich	—		
	Caporal supérieur	Rose		
	Levant supérieur	Chamois	» 50	7.214.000
	Vizir	Blanc	» 60	8.795.000
Elégantes	Caporal ordinaire	Bleu	» 50	146.379.000
	— supérieur	Rose	» 60	41.481.000
Hongroises	Caporal ordinaire	Bleu	» 70	1.931.000
	— supérieur	Rose	» 80	10.919.000
Chasseurs	Caporal supérieur	En boites et en paquets à des prix divers.		10.486.000
	Maryland			
	Levant			
Façons russes	Caporal supérieur			1.529.000
	Maryland			
Modules spéciaux				4.940.000
		Total		874.119.000

créé toute une série de modules, et on en a fabriqué avec toutes les espèces de tabac.

Pendant les premières années, les manufactures françaises confectionnaient les cigarettes à la main, soit en les roulant à la manière ordinaire des fumeurs, soit au moyen de quelques outils très simples. L'ouvrière commençait par faire un tube de papier en enroulant la feuille, munie d'un peu de gomme, sur un mandrin en bois de la grosseur d'un crayon; elle plaçait ce tube à l'extrémité d'un moule dans lequel elle avait mis son tabac, et refoulait celui-ci dans le tube au moyen d'une tige de fer. Une ouvrière ordinaire fabriquait ainsi environ 1,000 cigarettes dans un jour. Aujourd'hui le travail se fait d'après les mêmes principes par une ingénieuse petite machine dont le rendement est d'environ 15,000 cigarettes en dix heures.

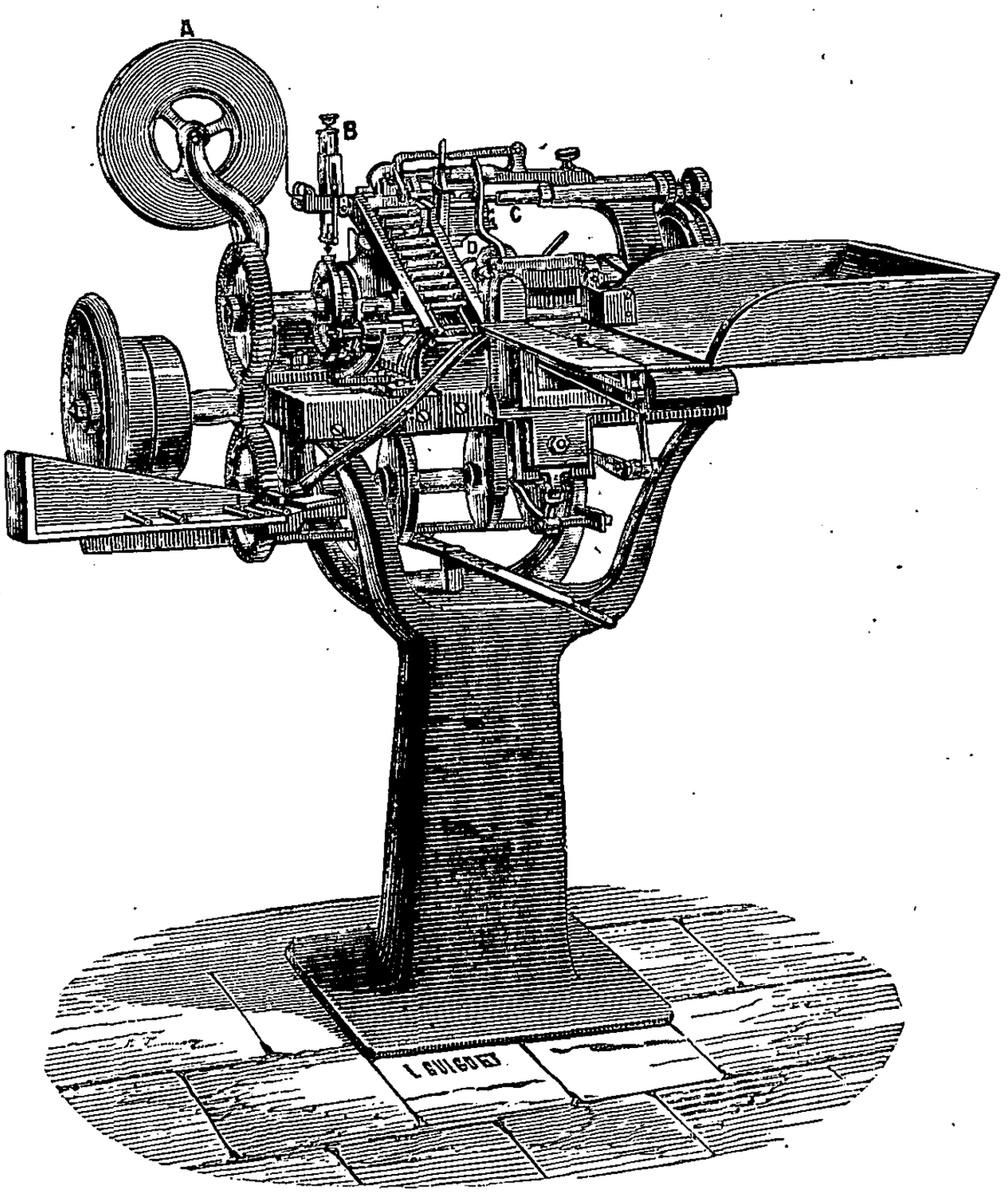


Fig. 251. — *Machine à cigarettes.*

A Bobine de papier à cigarette. — *B* Timbre. — *B'* Rouleaux distributeurs. — *C* Poinçon tournant au moyen d'un engrenage spécial et roulant la feuille de papier qui vient d'être coupée. — *D* Colleur alternatif, plaçant la gomme sur le bord du papier pendant le roulement. — *E* Plan incliné avec tasseaux recevant le tube roulé et collé, et le conduisant devant le moule. — *F* Le tube qui, arrivé à cette place, reçoit le tabac qui lui est fourni sur la planchette *P*. — *G* Repoussoir qui fonctionne conjointement avec le refouloir, et serre le tabac dans le tube. — *H* Couloir conduisant les cigarettes terminées dans la boîte, où elles se rangent d'elles-mêmes. — *I* Boîte récepteur des cigarettes.

Dans la plupart des pays autres que la France la fabrication des cigarettes s'est également très développée; elle constitue maintenant une véritable industrie, de sorte que beaucoup de constructeurs s'ingénient à perfectionner la machine. Les Américains annoncent déjà qu'ils peuvent arriver à des rendements beaucoup plus élevés, mais on n'a pas encore fait d'essais sérieux de leurs inventions. Nous nous contenterons donc de donner ici un dessin et une description de la dernière machine due à M. Decouflé, adoptée par la régie française. Il est probable d'ailleurs qu'on arrivera encore à la perfectionner, soit en augmentant son rendement, soit en modifiant son mode de travail (fig. 251).

Cette machine peut fabriquer des cigarettes de toutes grosseurs, fermées ou ouvertes à leur extrémité; en France, on ne confectionne plus à la main que les cigarettes en tabac d'Orient, et quelques modules spéciaux dont l'ensemble ne représente pas le vingtième de la fabrication totale.

Nous donnons dans le tableau de la page 417 la liste des espèces de cigarettes qu'on peut trouver dans les débits français ou dans les entrepôts spéciaux, avec les chiffres

de la consommation pendant l'année 1881. La nature du tabac est indiquée par la couleur des papiers de paquetage.

Le commerce d'exportation des cigarettes a pris en France une assez grande extension et s'est élevé en 1881 à près de 30,000,000. La Régie fait aux exportateurs des réductions de prix d'environ 10 0/0 sur les produits spéciaux, et de 25 0/0 sur les cigarettes françaises, élégantes, etc.

Le gouvernement français a autorisé, depuis une quinzaine d'années, un négociant étranger à fabriquer dans des locaux de la Manufacture de Paris, avec des tabacs que ce négociant achète et importe lui-même, des cigarettes en tabacs d'Orient, qui sont vendues dans un débit spécial du boulevard des Italiens. Cette fabrication est contrôlée par les agents de la régie ; les cigarettes sont soumises à un impôt proportionnel, et la vente est faite par le négociant lui-même à ses risques et périls. Le gouvernement s'est d'ailleurs conservé le droit de fabriquer des cigarettes de même espèce, et il en vend dans ses débits et ses entrepôts.

* **CIGARIÈRE.** *T. de mét.* Dans les manufactures de tabacs, ouvrière qui travaille à la confection des cigares ; on dit aussi *cigareuse*, mais ce dernier mot est peu usité. || Atelier où se font les cigares.

* **CIGOGNE.** *T. techn.* Sorte de levier coudé.

CIMAISE. *T. techn.* Sorte de moulure en doucine qui termine la corniche d'un bâtiment et dont le profil se compose de deux arcs de cercle représentant la figure de la lettre S. || Pièce de bois ornée de moulures qui sert de couronnement aux lambris d'appui ; on écrit aussi *cymaise*.

CIMENT. Considéré grammaticalement, le mot *ciment* s'applique à toute substance simple ou composée que l'on interpose entre deux corps de même nature ou de natures différentes pour les lier d'une façon intime de manière à ce qu'ils ne fassent, pour ainsi dire, qu'un seul et même corps. En adoptant ce point de vue, on voit qu'une nomenclature de tous les ciments est difficile à dresser ; leur composition varie en effet avec la nature des objets qu'ils sont destinés à relier, avec celle des ingrédients que l'usage, l'expérience, ont pu introduire dans leur composition ; dans quelques cas, le hasard a même présidé à la découverte d'excellents ciments.

Nous préférerions que l'on comprît ces divers mélanges parmi les *mastics* ou *luts* et que l'on réservât le nom de ciment pour le mélange de chaux et d'argile que nous avons déjà défini à l'article Chaux (V. ce mot), et que nous allons étudier plus loin. Mais puisque l'usage a consacré cette appellation de ciments dans l'industrie, nous allons passer en revue les plus usités, en indiquant leur composition et leurs usages.

En général, presque tous les ciments contiennent des parties grasses, résineuses ou bitumineuses qui forment le lien ; les substances qui leur sont jointes ont pour but de donner la dureté au mélange et doivent, dans certains cas, pour que la soudure soit bonne, avoir des affinités avec les objets à relier.

C'est ainsi que pour relier entre elles des pièces de fer ou de fonte, on se sert d'un ciment composé de limaille de fer et de sel ammoniac en poudre, dans la proportion de 50 parties de limaille pour une de sel. On humecte le mélange, on le lie intimement avec une molette ; et on s'en sert pour calfeutrer les joints en l'y chassant avec un ciseau émoussé sur lequel on frappe avec un marteau. Il y a peu de temps encore on ajoutait un peu de soufre dans la composition de ce ciment. Mais on a reconnu que le fer se corrode très vite et l'on a renoncé à cette addition.

En mélangeant, avec de l'eau légèrement acidulée, de la résine avec de la brique ou du calcaire pulvérisés, et en y ajoutant de la fleur de soufre on forme un excellent ciment pour sceller les gonds, rattacher des pièces métalliques à la pierre, au marbre ; pour fermer des fissures, etc...

Un mélange analogue de brique pulvérisée, bien tamisé, mélangé avec de la résine à l'aide d'un acide léger, ou encore un mélange de résine, de suif et de colcotar, donnent une composition connue sous le nom de *ciment des orfèvres*. Avec ce ciment les orfèvres, graveurs, ciseleurs, fixent la pièce qu'ils veulent travailler ; ou bien, s'ils ont à ciseler la partie convexe de pièces creuses, ils remplissent ces pièces de ce même ciment afin qu'elles ne se bossuent pas sous le choc ou la pression de l'outil.

Les joailliers se servent encore de la résine mastic comme de ciment pour coller des morceaux d'émail blanc ou coloré sur fond noir, afin d'obtenir des imitations des agates onyx.

Un ciment très généralement répandu, et dont cependant le prix est encore très élevé parce qu'il est difficile à bien préparer, est le *ciment-diamant* qui sert à recoller la porcelaine, le grès, les cristaux, les verres, etc. On le prépare en faisant ramollir dans l'eau de la colle de poisson que l'on dissout ensuite dans de l'esprit de vin en la mêlant avec un peu de gomme résine ammoniaque ou de galbanum et de résine, mastic dissous préalablement dans la moindre quantité possible d'alcool. On obtient ainsi une substance pâteuse que l'on chauffe légèrement pour la liquéfier avant de l'employer. Il ne faut pas la conserver dans des flacons bouchés à l'émeri. Dans l'Orient, les joailliers emploient ce ciment pour fixer sur des vases, des coupes, les pierres précieuses et les ornements métalliques qui doivent les rehausser.

On obtient un excellent ciment en dissolvant de la gomme laque dans une solution de borax ou dans l'alcool. Si l'on mélange du blanc d'œuf à de la chaux vive finement pulvérisée, on obtient un ciment de première qualité pour recoller le marbre, l'albâtre, les onyx, etc. On emploie aussi le blanc d'œuf mélangé au plâtre pulvérisé ; mais le ciment ainsi obtenu est moins bon. Dans l'un et l'autre cas, c'est par l'albumine qu'il renferme que le blanc d'œuf agit.

Les chaudronniers en cuivre emploient un ciment tout à fait analogue dans lequel le sang de bœuf remplace le blanc d'œuf et agit comme lui par l'albumine qu'il contient. On comprend que si l'on fait bouillir avec de l'eau jusqu'à consistance pâteuse du fromage fait avec du lait écrémé, et qu'on le mélange intimement avec de la chaux vive fine-

ment pulvérisée, on obtiendra un ciment analogue aux précédents. Il est en effet de bonne qualité quand le mélange est bien fait. Il s'emploie à chaud, et sert principalement au raccommodage des faïences et porcelaines.

En mélangeant de la chaux éteinte avec de l'argile grasse, et en y ajoutant du blanc d'œuf, on obtient le *ciment d'âne*, ou *lut d'âne*, ciment très résistant qui raccommode fort bien les faïences et les porcelaines.

Pour recoller les objets en grès, on se sert du ciment suivant qui résiste parfaitement à l'action des agents atmosphériques : on mêle 20 parties de sable de rivière bien blanc et sec, 2 parties de litharge finement pulvérisée et une partie de chaux vive en poudre, avec assez d'huile de lin ordinaire ou mieux d'huile de lin siccative pour que le tout ne soit qu'humecté sans former une masse pâteuse; on enduit d'abord les parties à recoller d'huile de lin au moyen d'un pinceau; ce ciment finit au bout de quelques semaines par acquérir une dureté et une adhérence supérieures à celle du grès; il en vient même au point de donner des étincelles sous le briquet. Lorsqu'on remplace la chaux vive par 10 0/0 de calcaire en poudre, on obtient le *ciment-mastic* qui remplace actuellement dans beaucoup d'endroits le ciment romain pour couvrir les terrasses, etc., et que l'on emploie aussi fréquemment pour mouler des statues qui présentent sur celles en plâtre le grand avantage de ne pas s'abimer à l'air libre par l'action des agents atmosphériques.

Pour monter les appareils électriques on emploie un ciment composé de 5 parties de colophane, une partie de cire jaune, une partie de colcotar et un peu de plâtre en poudre fondus ensemble; ce mastic s'emploie à chaud.

On fixe les verres d'optique à polir ou à tailler avec de la poix ordinaire. Dans la construction des appareils de physique, on emploie fréquemment pour fixer des pièces métalliques sur le verre un ciment composé simplement de cire à cacheter de bonne qualité fondue avec de la térébenthine de Venise et une très faible quantité de matière grasse, de suif par exemple, afin que le mélange soit moins cassant.

Voici encore un excellent ciment à appliquer par fusion à chaud pour scellement de pièces métalliques dans les maçonneries. On fait fondre du brai sec avec une faible quantité de cire jaune, 10 pour cent tout au plus; ce mélange étant refroidi, on le triture avec volume égal de craie calcinée et tamisée; puis on fait refondre le mélange que l'on agite constamment jusqu'à ce qu'il ait acquis une consistance pâteuse.

Dans les laboratoires de chimie, l'on se sert de quelques *ciments*, voici les principaux : La farine de graine de lin malaxée avec de la colle de pâte et quelquefois avec un peu de suif; l'argile plastique mélangée avec de la chaux éteinte; un mélange intime de limaille de fer et d'argile triturée, sur une table de marbre, à l'aide d'une molette, avec une dissolution très épaisse de gomme arabique.

Les fabricants de statuettes moulées et articles de sainteté se servent de différents ciments, en voici quelques-uns : Du papier sans colle trempé dans l'eau, puis broyé avec de la farine de blé et un peu d'argile; du plâtre broyé avec de l'empois d'amidon; du plâtre fin broyé malaxé avec de la pâte de papier ou de carton.

Voici deux compositions intéressantes de ciments résistant à l'action des vapeurs acides. En triturant ensemble de la farine de graine de lin, de l'argile et du caoutchouc visqueux (ainsi obtenu par la fusion), on obtient un ciment qui résiste très bien à l'action des vapeurs acides; le caoutchouc fondu seul forme un ciment excellent pour graisser les robinets, les bouchons à l'émeri, et pour prévenir toute perte; il résiste très bien aux vapeurs acides, n'est pas attaqué par le chlore et ne s'altère même pas à la température d'ébullition de l'acide sulfurique.

Enfin l'*asphalte*, le *bitume* (V. ces mots) ne sont-ils pas de véritables ciments?

Depuis une vingtaine d'années quelques plâtriers fabriquent pour le stuccage, la composition des marbres factices et de certains dallages mosaïques une poudre fine, bien tamisée, qui gâchée avec de l'eau alunée, ou de l'urine, donne un mortier qui atteint en séchant la résistance des marbres les plus durs, et qui est susceptible de recevoir le plus beau poli. Pour dérouter le public, ils ont donné à cette substance le nom de *ciment anglais*. C'est simplement du plâtre aluné.

Nous arrêterons ici cette nomenclature de mélanges auxquels l'industrie donne le nom générique de *ciments* pour ne nous occuper que des mélanges de chaux et d'argile employés dans les constructions.

Parlons toutefois, au préalable, du mélange connu dès une haute antiquité sous le nom de *ciment* et qui était également employé dans les constructions.

— On donnait autrefois le nom de *ciment* à un mélange de chaux et de tuileaux pulvérisés, appelé par Vitruve et par Pline *testæ ausæ*. On employait ce mélange au lieu de sable pour faire un mortier propre aux maçonneries qui devaient séjourner dans l'eau ou en contenir. Le tuileau bien cuit, qui a passé quelque temps sur les toits, est celui qui fait le meilleur ciment. La brique pilée n'en fait pas d'aussi bon parce qu'elle est moins cuite. Les vieilles poteries de grès pulvérisées peuvent encore servir à défaut de tuileaux. La perfection des diverses espèces de ciments employés par les anciens a passé en proverbe. Mais c'est à tort que l'on s'est figuré que les Romains avaient pour la fabrication des mortiers un secret consistant, suivant les uns, dans le choix des matières, et suivant les autres, dans la manière de les employer seulement; si cela était vrai, les mortiers romains auraient dû être partout également durs; or, il s'en faut qu'il en soit ainsi; d'ailleurs les ingrédients, chaux, sable, briques employés dans les mortiers sont absolument les mêmes que ceux des pays où les monuments ont été construits. Aussi Vitruve dit-il : « Je ne détermine pas quelle doit être la matière des murailles parce que l'on ne trouve pas partout ce que l'on pourrait désirer; il faudra employer ce que l'on trouvera dans des proportions essayées à l'avance, etc. »

Ce qui a contribué surtout à exagérer l'idée d'une perfection extraordinaire des ciments employés par les Romains, c'est que l'on n'a pas comparé les vestiges des grands monuments qu'ils ont laissés à des constructions

gauloises ou saxonnes de la même epoque ou du moyen âge. Il aurait fallu surtout pouvoir comparer entre elles des constructions ordinaires; on aurait vu qu'elles ne paraissaient pas présenter de meilleures conditions que dans les autres contrées; et l'on voit que Pline parle déjà des maisons délabrées de Rome et en signale la cause : « *Ruinarum urbis ea maxima causa quod fartœ calcis, sine ferrumine suo, cœmenta componentur.* » (Pline, lib. XXXVI.)

Au résumé, ce ciment des anciens n'est à proprement parler qu'une *pouzzolane* (V. ce mot) artificielle. On comprend que son usage tende à disparaître. La main-d'œuvre de fabrication est fort coûteuse, il est donc préférable d'employer des pouzzolanes qui, mélangées à la chaux dans de faibles proportions, fournissent des mortiers très hydrauliques. Il y a peu de temps qu'à Paris même on a fait encore quelques constructions sous l'eau avec du ciment de *briques ;* mais depuis que l'usage des chaux hydrauliques et des ciments de Vassy et de Portland est devenu commun, on ne l'emploie plus guère que pour des pavages de cours, d'écuries, buanderies, etc.

Nous avons dit à l'article CHAUX (V. ce mot) que lorsque la proportion d'argile qui entre dans la composition d'un calcaire dépasse 17 à 18 0/0 de chaux, on obtient par la cuisson une chaux très énergiquement hydraulique, mais qui, de plus, a la propriété de faire une prise excessivement rapide (quinze à vingt minutes au plus). Toute autre définition du mot ciment tel qu'on le comprend aujourd'hui dans le langage des constructions paraît inexacte ou incomplète, et nous ne saurions en fournir une meilleure.

Quarante ans après les découvertes de Smeaton, relatives à l'hydraulicité des chaux, vers 1796, M. Lesage, ingénieur militaire français, faisait connaître l'exagération des propriétés hydrauliques du calcaire compact qui compose les galets de Boulogne-sur-Mer, et il fabriquait avec ce calcaire une substance à laquelle il donnait le nom très impropre de *plâtre-ciment*, cette substance n'étant pas du sulfate de chaux. En même temps, MM. Parker et Wyats prenaient à Londres un brevet pour l'exploitation d'un calcaire très argileux qui leur fournissait une chaux analogue à la chaux hydraulique, mais où les propriétés hydrauliques étaient singulièrement exaltées et qui faisait prise avec une rapidité considérable. Ils appelèrent improprement aussi *ciment romain* (Roman cement) et ce nom bien que défectueux a prévalu et s'applique à tous les ciments, comme sont ceux de Pouilly découvert en 1829 par M. Lacordoire, ingénieur des Ponts-et-Chaussées; le ciment de Vassy découvert en 1831 par M. H. Gariel, et enfin le ciment de la Porte-de-France, à Grenoble (Isère).

Des analyses anciennes ont établi la grande analogie entre les calcaires anglais et les galets boulonnais.

Voici les moyennes de très nombreuses analyses récemment faites sur des échantillons venus d'Angleterre et sur des calcaires pris à Desvres, Neufchatel, Lottinghem, etc. (Pas-de-Calais).

		Calcaires anglais		Calcaires boulonnais	
Argile	Silice	15.42	21.05	14.27	20.08
	Alumine	5.63		5.81	
Fer		6.81		5.97	
Magnésie		0.83		0.67	
Manganèse		0.54		0.83	
Chaux		45.12		46.20	
Perte par calcination		25.65		26.25	
		100.00		100.00	

Ces résultats, dont plusieurs ont été contrôlés à l'Ecole des Mines, prouvent suffisamment que ces calcaires traités de la même manière doivent donner des résultats identiques. — La quantité de chaux est absolument la même; le calcaire boulonnais est un peu moins argileux que le calcaire anglais, mais la différence est insignifiante. Ces calcaires convenablement traités fournissent *les ciments à prise lente.*

Les ciments de Vassy et de Pouilly sont les véritables types des *ciments à prise rapide.*

La composition du calcaire de Vassy est la suivante :

Argile	Silice	16.00	22.50
	Alumine	6.50	
Fer			8.60
Magnésie			1.50
Chaux			46.80
Perte par calcination			20.60
			100.00

Le calcaire de Pouilly donne des résultats assez analogues aux précédents. — On trouve :

Argile	Silice	17.14	24.01
	Alumine	6.87	
Fer			4.83
Magnésie			3.39
Manganèse			0.17
Chaux			47.35
Perte par calcination			20.25
			100.00

Enfin les calcaires de Grenoble contiennent un peu moins d'argile que les précédents ; mais la différence est si peu sensible qu'elle n'influe guère sur la qualité du ciment obtenu. On voit que la composition chimique des calcaires qui fournissent les ciments à *prise lente,* est très sensiblement la même que ceux qui fournissent les ciments à *prise rapide.*

Les calcaires fournissant les ciments à *prise lente* ne contiennent que 20 à 21 0/0 d'argile; ils sont extrêmement difficiles à cuire. Si on ne les cuit pas suffisamment on obtient de mauvais produits appelés *chaux limites.* Il faut cuire jusqu'au ramollissement de la matière mais sans arriver à la vitrification ; sinon ils sont brûlés et ne prennent plus. C'est un point très délicat de la fabrication.

Dès qu'un calcaire contient au delà de 22 0/0 d'argile, il fournit un ciment à *prise rapide* , et à *fortiori* lorsque la proportion d'argile est plus élevée et atteint, comme cela arrive quelquefois, 35 à 40 0/0. On en trouve suffisamment dans la nature pour n'en pas traiter artificiellement. Les ciments obtenus font prise au bout d'un quart d'heure, une demi-heure au plus. Ainsi la composition chimique n'admet qu'un écart de 1 0/0. On voit donc que pour fabriquer de bons ciments, il faut mé-

langer plusieurs marnes et faire toujours des analyses et des dosages multiples.

Fabrication des ciments a prise rapide. Réduits par la calcination dans des fours à chaux ordinaires, les calcaires perdent peu à peu 40 0/0 de leur poids environ ; la couleur devient jaune terne. On les pulvérise alors avec des meules verticales mues par des manèges ou mieux par la vapeur, puis on tamise dans des blutoirs en toile de cuivre à 18 fils par centimètre et on enferme le produit dans des barriques goudronnées et garnies de papier à l'intérieur. Le ciment peut alors se conserver pendant plus d'une année sans rien perdre de ses qualités essentielles pourvu qu'on le place dans un lieu bien sec et hors du contact avec le sol. L'avarie du ciment, dit M. Laroque, ayant pour cause principale l'humidité de l'air ambiant, elle se manifeste d'abord au contact des parois de la barrique, puis gagne lentement, mais progressivement, jusqu'au centre ; il arrive assez souvent que le contenu d'une barrique est avarié à la surface, tandis qu'il est d'excellente qualité au centre. Pour que le ciment puisse être réputé non avarié et propre à un bon emploi, il faut que les fragments non désagglomérés que l'on retire de la barrique cèdent facilement sous la pression des doigts, et que sa couleur n'ait éprouvé aucune altération, c'est-à-dire ne soit pas devenue blanchâtre. On est quelquefois obligé d'employer des barres de fer pour retirer le ciment des barriques, et souvent il faut avoir recours à la truelle du gâcheur.

La densité du ciment est ordinairement prise au moment où on le sort des barriques, et où on l'étend en petites quantités. Elle est alors de 0,96. Il est très compressible et peut atteindre depuis 1k,20 jusqu'à 1k,50 quand il est très comprimé. Dans cet état, il prend avec le temps, une force d'expansion telle qu'il brise les barriques.

L'emploi des ciments à *prise rapide* est difficile, il demande des précautions infinies et des ouvriers bien habitués. Les ciments à *prise lente*, dont le Portland anglais est le type, sont bien plus commodes à employer ; aussi leur usage s'est-il très rapidement développé.

Fabrication des ciments a prise lente. Ces ciments artificiels se fabriquent en soumettant à un degré de cuisson convenable, des marnes composées d'argile et de carbonate de chaux en quantités reconnues convenables par des dosages préalables. On obtient ainsi, surtout par un excès de cuisson indiqué par l'expérience, des ciments à prise très lente, mais qui acquièrent rapidement une dureté supérieure à celle des ciments à prise rapide. Si les marnes que l'on emploie ne contiennent pas de fer, ou si l'on n'en introduit pas dans les dosages, le ciment que l'on obtient est presque aussi blanc que le plâtre, dans tous les cas, aussi blanc que la belle pierre de taille, et alors il convient parfaitement à certains usages spéciaux comme moulures, enduits, colonnettes, rampes et balcons, ornements, etc. Toutefois, il faut éviter avec soin de faire des peintures sur ces ciments, car ils sont toujours alcalins et il ressort au bout de quelque temps des sels de potasse et de soude qui détériorent les peintures.

Les ciments de Portland anglais proviennent d'un mélange de craie et de vases argileuses qui se trouvent sur les bords de la Tamise et du Medway.

Le ciment de Portland français développé à Boulogne-sur-Mer par divers industriels s'obtient au moyen du calcaire marneux friable rencontré à Château-Neut (Pas-de-Calais), dans le terrain crétacé inférieur. Ce calcaire contient 19 à 25 0/0 d'argile. En Angleterre, on fait un mélange intime des vases argileuses et de la craie ; on enlève par décantation les parties assez légères pour rester en suspension et ne pas se mélanger. On fait écouler le mélange boueux dans des bassins où il se ressuie, on le découpe en pains et on le cuit dans des fours à chaux à une température suffisamment élevée pour que le produit commence à se vitrifier ; on pulvérise alors et l'on met en fûts. Ce ciment pèse 1,270 kilogrammes le mètre cube.

A Boulogne-sur-Mer, on opère par une méthode analogue à celle de la fabrication de la chaux hydraulique artificielle. On écrase et on mélange les marnes siliceuses à l'aide d'un manège, et on verse les boues ainsi obtenues dans des bassins contenant de l'eau. Ces bassins sont pourvus d'agitateurs très puissants qui divisent, malaxent la matière et en forment une bouillie homogène suffisamment liquide, pour qu'on la puisse faire écouler par des caniveaux dans des bassins de décantation ou de pourrissage. Lorsque la pâte provenant des bassins de pourrissage est à l'état convenable pour être employée, on analyse dans le laboratoire de la fabrique le contenu de chaque bassin, et par des mélanges suffisamment répétés on finit par obtenir un mélange boueux très homogène qu'on laisse déposer ; puis on l'écoule par des *coulots* dans d'autres bassins où il se ressuie. Enfin, lorsqu'il a une consistance suffisante, on en fait des pains que l'on soumet à la cuisson.

La température des fours doit être supérieure à celle des fours à chaux. Les fours contiennent des incuits et des parties vitrifiées qui doivent, les unes et les autres, être rejetées avant de soumettre le composé cuit à la pulvérisation.

Les marnes argileuses qui accompagnent partout la formation gypseuse des environs de Paris, sont, par leur nature, propres à fabriquer d'excellents ciments, pourvu que l'on veille à ce qu'elles soient bien débarrassées des parties gypseuses. On les mélange avec des calcaires plus ou moins purs. A Argenteuil, on emploie, pour le mélange, le blanc de Meudon.

L'opération se conduit absolument comme à Boulogne. Ce ciment est désigné sous le nom de *ciment du bassin de Paris*. La densité du ciment de Paris est de 1,200 kilogrammes le mètre cube.

M. Hervé Mangon a confirmé que l'on peut faire partout du véritable ciment de Portland, à la condition de doser très exactement la chaux et l'argile et de faire un mélange bien intime. Comme nous l'avons indiqué précédemment, 1 ou 2 0/0 de différence dans la proportion suffit pour faire changer la nature du produit ; bien dosée, au contraire, l'opération est sûre.

Observations. Le composé chimique véritablement hydraulique est un aluminate de chaux qui se forme pendant la cuisson de la marne. Ce produit immergé sous l'eau, s'hydrate et durcit avec la plus étonnante rapidité. Tous les autres corps qui entrent dans la composition des ciments ne servent vraisemblablement qu'à tempérer la prise et ne remplissent que l'office des cailloux dans les mortiers.

La chaux à l'état libre nuit même à cette prise ; aussi, comme il s'en forme toujours, cherche-t-on aujourd'hui dans certaines usines à ciment, à la carbonater avant de livrer le produit au commerce.

Pour y parvenir, on fait passer les fumées de l'usine qui contiennent de l'acide carbonique sur les ciments étalés dans de grandes chambres.

Nous ne faisons pas ici un traité sur la matière. Aussi, la théorie de la fabrication étant établie, nous ne croyons pas utile de donner la description des divers engins mécaniques usités dans les usines, tels que malaxeurs, concasseurs, etc. Chaque industriel adopte l'outil qui lui convient ; le concasseur Carré, le broyeur Anduze, les meules de tous genres et de toutes formes, horizontales ou verticales, les malaxeurs plus ou moins ingénieux que l'on rencontre dans l'industrie, et dont il est parlé aux articles spéciaux.

Quant aux fours, comme ils ont sensiblement le même but que les fours à chaux, c'est-à-dire d'expulser l'acide carbonique, on comprend que les fours employés à cuire la *chaux* (V. ce mot), sont également propres à la cuisson du ciment. La cuisson du ciment demande de l'attention et une grande expérience de la part des ouvriers ; elle doit, en effet, être conduite de manière à déterminer dans les éléments du calcaire dépouillé de son acide carbonique, un commencement de vitrification à la surface des fragments.

En général, on emploie des fours intermittents à forme de tronc de cône. Ici encore la forme ovoïde ou ellipsoïde nous paraît devoir être préférée. La chemise intérieure du four est en briques réfractaires ; on surmonte le gueulard d'une partie coniqué destinée à activer le tirage. Ces fours ont des capacités très variables : on en construit qui fournissent 50 à 60 tonnes. Nous pensons, comme pour les fours à chaux, qu'il est préférable de ne construire que des fours cuisant 20 à 25 tonnes. La cuisson se fait à la houille, et mieux au coke, dont la fumée ne salit pas le ciment ; elle dure en moyenne trente-six heures ; il faut environ 280 kilogrammes de coke par tonne de ciment cuit.

Ici, comme pour la cuisson de la chaux, suivant leur caprice, leur industrie, les circonstances spéciales ou locales où ils se sont trouvés, les fabricants ont modifié plus ou moins les types simples que nous avons décrits. Ils en ont aussi imaginé de nouveaux ; les uns ayant pour but de séparer complètement le combustible et ses fumées du calcaire à transformer ; les autres, d'utiliser des chaleurs perdues provenant de sources voisines ; d'autres enfin destinés à brûler des combustibles spéciaux. Le nombre de ces inventions est considérable. et depuis les fours de Wedgewood et de Rumford, jusqu'aux fours Demarle, en passant par les essais des fours Siémens, Licht, Hoffmann, etc., la nomenclature en est longue et la description de chacun d'eux serait peu instructive. D'ailleurs ils sont tous, ou presque tous, brevetés, et la curiosité sur ce point peut être aisément satisfaite par des recherches au Conservatoire des Arts-et-Métiers. Un des plus ingénieux de ces appareils au point de vue théorique, est celui qui est décrit dans le troisième volume du *Génie industriel;* sous le nom de *four à concentration calorifique*, les auteurs de ce système, l'ont appliqué à Saint-Léger-du-Bourg-Denys, près Rouen, à la cuisson des ciments, des chaux, et même des plâtres.

Dans l'Artois et en Angleterre, on emploie presque exclusivement le four Demarle avec de simples modifications de détails.

Essais pour la résistance des ciments. Pour expérimenter la résistance d'un ciment, on en fait des briquettes que l'on soumet à l'effort de traction produit par une machine spéciale. Le plus complet de ces appareils est celui que M. Suc a construit pour le laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussées. Il est à traction verticale. Un ingénieur autrichien, M. Kraft, vient d'en imaginer un où l'effort de traction est imprimé dans le sens horizontal.

Emploi du ciment. A l'article MORTIER (V. ce mot), nous donnerons l'emploi des ciments employés purs comme mortiers ainsi que la composition des mortiers de ciments ; nous ajouterons l'indication de leurs usages multiples dans les constructions.

Prix de revient. On comprend que le prix de revient des ciments est excessivement variable puisqu'il dépend de la nature des marnes employées, ou des carbonates et argiles du mélange ; de la distance des lieux d'extraction ; de la dureté des matières premières et de la main-d'œuvre de concassage ; de l'élévation et de la distance à franchir par les eaux des bassins mélangeurs et de pourrissage ; de la nature du combustible employé, etc. Voici toutefois quelques indications qui sont très voisines de la vérité, et dont il faudra essayer de se rapprocher. Notre prix de revient est pour *1,000 kilogrammes* :

1° *Extraction et fabrication.*

Droit de fortage ou amortissement de la propriété	» 60
Découverte des glaisès et marnes (moyenne se rapportant aux bassins de Paris et d'Argenteuil)	1 22
Extraction des glaises et calcaires ou des marnes et conduite aux concasseurs	2 60
Broyage et trituration	2 48
Reprise et conduite aux bassins	» 53
Malaxage	» 82
Extraction des bassins et dosages	» 61
Eau	» 40
Fabrication des pains, séchage, conduite aux broyeurs	1 50
Concassage	2 44
Conduite aux fours, remontages	» 47
Broyage	1 50
Machines : pour concasseurs, malaxeurs, ascenseurs, combustible, alimentation, entretien et amortissement	2 28
	17 45
Frais généraux et bénéfices	1 75
A reporter	19 20

Report		19 20
2° *Prix de la cuisson à la houille.*		
Chargement dans les fours, conduite du feu, déchargement, par 1,000 kilogrammes de ciment fabriqué	» 87	
Combustible 430 kilogrammes, briquettes à 24 fr. 50 la tonne	10 53	
	11 40	
Frais généraux et bénéfice	1 15	
		12 55
3° *Livraison.*		
Extinction et mise en barils, compris la perte des barils		2 75
Mise en vagons ou sur charrettes		0 60
		35 10
Usure et renouvellement des fours		3 40
Amortissement en 30 années d'une usine ayant coûté 2,500,000 francs et fabriquant 50,000 tonnes par an ; soit par tonne		4 »
Prix de revient de la tonne		42 50

C'est une des matières premières de la construction qui laisse le plus de bénéfice au fabricant, mais nous ne saurions trop le répéter : le dosage des matières ainsi que la cuisson sont des opérations très délicates ; et la non réussite de l'une ou de l'autre peut entraîner à des pertes sérieuses de main-d'œuvre et de combustible.

Enfin, le prix de la main-d'œuvre tend à hausser considérablement. Le métier est rude ; les ouvriers perdent rapidement les ongles, les cheveux ; les poussières ont sur l'organisme un effet de décomposition très marqué et très rapide. La plupart des ouvriers deviennent phtisiques en fort peu de temps. — FL.

CIMENTER. Lier avec du ciment ou une autre matière qui en tient lieu ; enduire de ciment.

* **CIMENTIER.** *T. de mét.* Ouvrier qui fait du ciment.

CIMIER. Ornement qui forme la partie supérieure d'un casque et que l'on surmonte ordinairement d'une aigrette ou d'une touffe de plumes ou de crin. || Dans le blason, on nomme ainsi tout objet posé sur le casque qui surmonte l'écu des armoiries. Le cimier était autrefois la plus grande marque de noblesse.

* **CIMOLITE** ou **CIMOLITHE.** *T. de minér.* Variété d'argile à laquelle on donne aussi le nom de *terre d'Argentière*, et qui renferme 63 parties de silice, 23 d'alumine, 12 d'eau et 1,25 d'oxyde de fer. Elle est utilisée dans la fabrication des poteries et le blanchissage du linge.

CINABRE. (*Mercure sulfuré.*) *T. de minér. Sulfure de mercure. Sulfure de mercure en poudre* ou *vermillon.* Le cinabre possède une couleur rouge-vermillon d'un vif éclat, translucide, ou bien une couleur rouge sombre et opaque, sa poussière est d'un rouge écarlate. Il se présente en cristaux, en masses lamelleuses et grenues, quelquefois à l'état fibreux et en poussière superficielle. Les cristaux de cinabre ont un lustre adamantin approchant de l'éclat métallique ; ils possèdent la double réfraction à un axe positif (Descloizeaux) ; quelques variétés sont d'un gris métallique par réflexion. Il a une cassure lamelleuse ; sa densité varie de 8 à 8,2, sa dureté est comprise entre 2 et 2,5, il est rayé par le calcaire, se laisse facilement entamer par la lame d'un couteau, s'électrise négativement par le frottement, lorsqu'il est isolé. Le cinabre cristallise dans le système hexagonal (sous-système rhomboédrique) ; sa forme fondamentale est un rhomboèdre aigu de 71°,48′ ; les formes dominantes sont des rhomboèdres tronqués, des prismes hexagonaux ; ses cristaux sont généralement complexes et mal formés. Les clivages parallèlement aux faces du rhomboèdre sont à peine sensibles, tandis que les cristaux se clivent très nettement parallèlement aux pans d'un prisme hexagonal.

Enfin, on distingue outre le cinabre cristallisé, du cinabre granulaire, fibreux, compact, pulvérulent (vermillon natif). Le cinabre est attaquable par les acides ; au chalumeau, sur le charbon, il se volatilise sans laisser aucun résidu, en répandant une odeur caractéristique d'acide sulfureux ; dans le matras, il se volatilise ; le sublimé qui se forme sur les parois est noirâtre, mais la râclure est rouge ; avec la soude on obtient des globules de mercure ; dans le tube ouvert, il donne par le grillage, du mercure et un sublimé de cinabre.

Le cinabre est le seul minerai de mercure, il se présente dans deux principaux gisements, savoir : 1° dans les terrains cristallophylliens et les terrains primaires en filons, veines, amas ; 2° dans les terrains secondaires, imprégnant les grès, quartzites, les calcaires et les schistes marno-bitumineux, ou en gites irréguliers.

— Le cinabre est exploité à Almaden (province de Ciudad-Réal, Espagne), à Almadenerejos, à la mine la Soterrana (Asturies) ; il se trouve dans plusieurs provinces de l'Espagne, particulièrement dans celles d'Almeria, de Castillon de la Plana, de Grenade, d'Oviedo, etc. On le trouve dans le Palatinat, dans la Carniole (Idria) ; il est également exploité au Mexique, au Chili, au Pérou, en Californie, en Australie, dans l'Oural, l'Altaï, le Thibet, en Chine, au Japon.

En France, on a essayé l'exploitation du cinabre, à Réalmont (Tarn) ; on l'a signalé à Menildat (Manche), à La Mure et à Challanches (Isère), à Hamiate (Algérie).— V. MERCURE, VERMILLON. — A. F. N.

CINCHONINE. *T. de chim.* Cet alcaloïde est contenu dans les écorces des quinquinas ; l'espèce *china huanoco* en renferme jusqu'à 2 1/2 0/0. Elle reste dans les eaux mères de la préparation de la quinine. La cinchonine forme des prismes brillants, fusibles à 257°, peu solubles dans l'éther et l'eau ; elle est douée de propriétés basiques ; ses sels sont assez solubles dans l'eau et ont un certain emploi comme fébrifuge, à cause de leur prix peu élevé ; en effet, la cinchonine est un produit secondaire de la fabrication de la quinine qui a atteint un développement considérable. La formule de la cinchonine est :

$C^{19} H^{22} Az^2 O$ (n. not.) $C^{38} H^{22} Az^2 O$ (anc. not.).

* **CINDRE.** *T. techn.* Outil de charpentier et de charron.

* **CINÉMATIQUE.** La mécanique proprement dite a pour objet l'étude du mouvement dans ses rapports : 1° avec l'espace ; 2° avec le temps ; 3° avec les causes qui le déterminent, causes qu'on appelle des *forces*. La cinématique (du mot

de grec χινημα, *mouvement*) a pour objet l'étude du mouvement dans ses rapports avec l'espace et avec le temps, indépendamment de la force et de la matière; enfin, on peut se proposer d'étudier le mouvement uniquement dans ses rapports avec l'espace, indépendamment et du temps et de la force et de la matière; une telle étude se nomme une étude purement *géométrique* du mouvement.

Ainsi, si un corps que par la pensée nous réduisons à un simple point, se meut, l'ensemble des positions qu'il occupera successivement dans l'espace forme une ligne continue droite ou courbe qu'on nomme sa *trajectoire* ou quelquefois son *orbite* lorsque c'est une courbe fermée. On peut se proposer d'étudier uniquement la nature de cette ligne et ses propriétés géométriques sans se préoccuper du temps que le mobile a mis à la parcourir ou à en parcourir les différentes parties et sans se préoccuper de la cause qui a provoqué ce mouvement; cette première étude est du ressort de la géométrie. Mais pour que le mouvement d'un corps soit entièrement défini, il ne suffit pas de connaître la nature géométrique des trajectoires de ses divers points, il faut savoir à quel instant précis il arrive à chacune des positions successives qu'il occupera dans l'avenir ou qu'il a occupées dans le passé. La connaissance complète d'un mouvement suppose en un mot qu'on puisse résoudre ces deux questions : à quelle heure le mobile arrivera-t-il en tel point de son parcours? Réciproquement, sachant que le mobile passe actuellement en tel point, quelle heure est-il? C'est la solution de ces problèmes qui font l'objet de la cinématique, laquelle est ainsi plus générale que la géométrie; puisqu'elle fait entrer en ligne de compte, non seulement les trois dimensions de l'espace, mais encore ce quatrième élément: le temps.

Le mouvement entièrement défini, il est naturel de chercher à s'élever jusqu'à la cause qui l'a déterminé. C'est là le rôle de la mécanique qui est ainsi plus générale que la géométrie et la cinématique, puisqu'elle fait entrer dans ses calculs, non seulement les trois dimensions de l'espace, non seulement le temps, mais encore la matière par un élément numérique qu'on nomme la *masse* et la cause du mouvement par un autre élément qu'on nomme la *force*.

Mais pour s'élever ainsi jusqu'à la découverte des causes du mouvement et des rapports entre la cause et l'effet, on conçoit qu'il est essentiel d'étudier d'abord les éléments du mouvement en lui-même et c'est là ce qui a déterminé Ampère (*Essai sur la philosophie des sciences*) à détacher nettement cette étude préalable de la mécanique proprement dite et à lui donner le nom consacré depuis, dans la science. Cela est utile non seulement au point de vue philosophique, mais aussi au point de vue des applications pratiques. Quelques exemples feront nettement ressortir ce point.

Pour fonder l'astronomie, Képler, par trente années d'observations persévérantes et par la discussion approfondie des observations de ses prédécesseurs, notamment de celles de Tycho-Brahé, est parvenu d'abord à définir le mouvement des planètes au point de vue géométrique, par cette première loi : 1° *chaque planète décrit une orbite elliptique dont le soleil occupe un des foyers*; puis, il a complété cette définition au point de vue cinématique, c'est-à-dire par l'introduction du temps, au moyen de ces deux autres lois; 2° *les aires décrites par la ligne* (rayon vecteur) *qui va, à chaque instant, de la planète au soleil, sont proportionnelles aux temps employés à les décrire;* 3° *les carrés des temps des révolutions des diverses planètes sont inversement proportionnels aux cubes des grands axes de leurs orbites.*

Pour découvrir ces magnifiques propriétés, Képler n'a pas eu à se préoccuper des causes mystérieuses qui produisent le mouvement des corps célestes, c'est-à-dire de faire de la mécanique; il lui a suffi d'observer le mouvement directement. La recherche des causes, c'est-à-dire le partie mécanique du problème, a ensuite été résolue par Newton; mais ce grand génie n'aurait pas pu découvrir la loi de la gravitation universelle, sans la merveilleuse étude cinématique faite au préalable par Képler.

Dans une compagnie de chemins de fer, le directeur de l'exploitation a à préparer le tableau indicateur de la marche des trains, de façon que deux trains ne se suivent pas de trop près sur la même voie et à plus forte raison, de façon que deux trains n'arrivent pas au même instant en un même point de la ligne. Il peut faire ce travail sans se préoccuper des machines qui permettent de réaliser les mouvements. Il fait donc de la cinématique, tandis que le service de la traction qui s'occupe des machines, résout la partie mécanique du problème. Pour pouvoir se reconnaître dans l'organisation de la marche des trains, on représente le mouvement *graphiquement* au moyen d'une épure qu'on appelle le *graphique des trains*. Voici sa description empruntée à l'ouvrage de cinématique de M. Collignon.

Graphique des trains. « On appelle dans l'exploitation des chemins de fer, *graphique des trains*, une épure où le mouvement de tous les trains est représenté par des lignes droites.

« Pour construire cette épure, on prend sur un axe horizontal 24 parties égales représentant les heures d'une journée; on les subdivise chacune en parties plus petites représentant des intervalles de 10 minutes; les intervalles plus petits sont appréciés à l'œil. Sur un autre axe perpendiculaire au premier, on porte des parties proportionnelles aux distances, et l'on place les stations successives de la ligne d'après leurs distances à l'origine du chemin. Cette construction permet de couvrir l'épure d'un réseau de droites rectangulaires, dont les unes, verticales, correspondent à une heure déterminée de la journée, et les autres, horizontales, à une station déterminée.

« Considérons (fig. 252) un fragment de l'épure du mouvement des trains. Soient A, B, C, D, E les stations réparties sur l'axe vertical à leurs distances respectives, les verticales équidistantes XII, I, II, III, représentent les heures de midi, 1 heure, 2 heures, etc.

« Un train part de la station A à midi et arrive à la station B à midi 30 minutes. Le mouvement moyen qu'il a pendant ce trajet est représenté par la droite *ab*.

« Le train reste 5 minutes dans la station B. Il repart donc à midi 35 minutes. Sa vitesse moyenne étant supposée la même, le mouvement à partir de la station B, sera représenté par une droite *b'c* parallèle à *ab*.

« Cette droite vient couper la ligne de la station C au point correspondant, à 1 heure 15 minutes. Si le train passe ensuite 25 minutes dans cette station C, il en repart à 1 heure 40 minutes

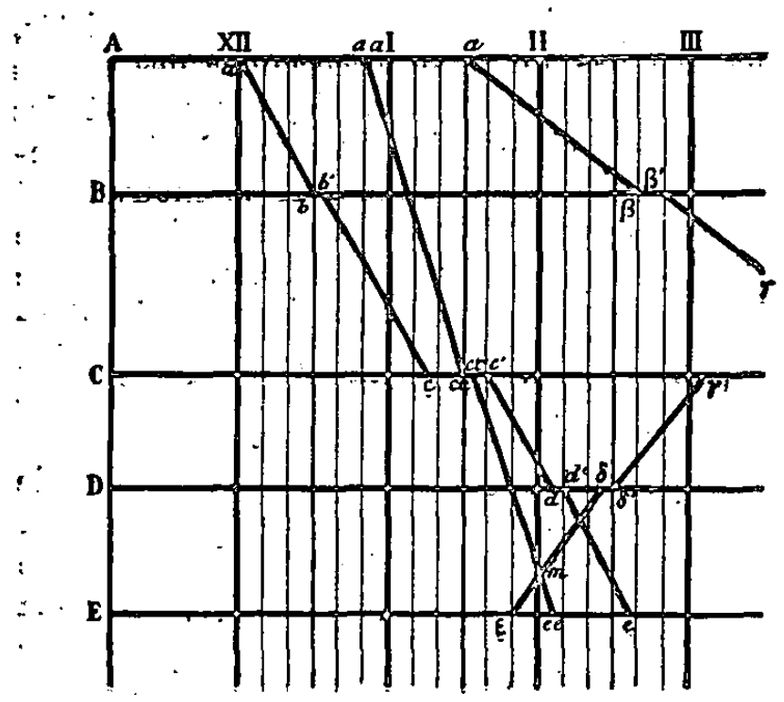


Fig. 252.

et arrive à la station D à 2 heures 5 minutes, il en repart à 2 heures 10 minutes et arrive à la station E à 2 heures 35 minutes et ainsi de suite.

« Son mouvement, réduit aux vitesses moyennes en dehors des temps d'arrêt, est donc représenté par la ligne brisée *abb'cc'dd"e*, dont les parties inclinées correspondent à la marche et les parties horizontales au stationnement.

« Les trains plus lents sont représentés par des lignes plus voisines de l'horizontale, telles que le tracé $a\beta\beta'\gamma_1\ldots$; les trains les plus rapides, par des lignes plus voisines de la verticale, tel est le tracé *aaccc'c'ee*. Il correspond à un train rapide, qui part de A à midi 50 minutes, qui brûle la station B, arrive à C à 1 heure 30 minutes, en repart à 1 heure 35 minutes, brûle la station D et arrive à la station E à 2 heures 5 minutes. On voit que ce train part du point A plus tard que le train *abb'c....*, et qu'il atteint et dépasse ce train dans la station C; le train *abb'c,...* est alors garé et le train repart plus tôt que lui. Le graphique des trains met en évidence ces rencontres de trains de différentes vitesses, et permet de combiner les heures de leurs passages aux divers points d'arrêt de manière à éviter les collisions.

« Les trains qui marchent en sens contraire sont figurés sur l'épure par des lignes inclinées dans l'autre sens. Ainsi le train $\varepsilon\delta'\gamma'$ part de E à 1 heure 50 minutes, arrive en D à 2 heures 25 minutes, y séjourne 5 minutes et arrive en C à 2 heures 55 minutes. Il croise les 2 trains *aaccee* et *abcde* dans l'intervalle compris entre les deux stations D et E ce qui n'a pas d'inconvénient si le service est établi sur la double voie entre ces stations. »

Dans une montre, quel que soit le moteur, c'est-à-dire la force qui détermine le mouvement, qu'il s'agisse d'une ancienne horloge à poids ou de la montre à ressort la plus parfaite, toujours il faut commencer par disposer les rouages de façon que l'aiguille des secondes fasse un tour complet pendant que celle des minutes fait seulement 1/60 de tour, que de même celle-ci fasse un tour complet pendant que celle des heures fait 1/12 de tour. Les dispositions à donner aux engrenages des roues pour obtenir cet effet étant absolument indépendantes de la nature de la force motrice, leur étude est du ressort de la cinématique.

Plus généralement, toute machine comprend trois parties essentielles.

1° Un premier corps qu'on nomme le *récepteur* parce qu'il reçoit directement l'action de la force motrice; 2° un dernier corps qu'on nomme l'*opérateur* ou l'*outil* parce que c'est lui qui exécute l'ouvrage qu'on demande à la machine; 3° les *mécanismes* ou *organes de transmission* qui forment le trait d'union entre le récepteur et l'opérateur.

Le mouvement du récepteur est commandé par la nature de la force motrice dont on dispose; si c'est une chute d'eau, le récepteur sera une roue ou une turbine, son mouvement sera un mouvement de rotation autour d'un axe horizontal ou vertical; si c'est la vapeur, le récepteur est le piston du cylindre à vapeur; son mouvement sera encore géométriquement défini; ce sera un mouvement de va-et-vient.

Les organes de transmission ont pour objet de transformer le mouvement cinématiquement connu du récepteur, de telle façon que l'opérateur prenne lui-même le mouvement voulu pour produire l'ouvrage auquel il est destiné. C'est un problème de pure cinématique pour lequel il n'est nul besoin de calculer ou de faire intervenir des forces.

Ainsi tout projet de machines est basé sur une étude cinématique préalable; l'étude mécanique vient après et peut parfois faire rejeter des dispositions qui, au point de vue géométrique ou cinématique, seraient acceptables, mais qui donneraient lieu à des frottements ou autres résistances passives trop considérables; mais l'étude cinématique est toujours forcée.

A ce point de vue, une machine a pour objet de transformer un mouvement cinématiquement donné (*celui du récepteur*) en un autre mouvement également donné (*celui de l'opérateur*).

On a fait bien des classifications des diverses transformations de mouvement qui se présentent dans la pratique. Monge, qui a commencé l'enseignement de la cinématique, divisait les mouvements ainsi: *mouvement rectiligne* 1° *continu* 2° *alternatif* (va-et-vient); *mouvement circulaire* 1° *continu* 2° *alternatif; mouvement curviligne* 1° *continu* 2° *alternatif*.

Il s'agissait d'établir des organes de transmission capables de transformer l'une quelconque de ces six espèces de mouvement dans les cinq autres.

D'autres classifications ont été adoptées depuis par MM. Résal, Laboulaye, Haton de la Goupillière, etc. Willis, dans un excellent ouvrage, divise les transmissions en trois genres et trois classes:

1er *genre. Transmission par contact direct.* (*a*) Engrenages cylindriques, coniques, hyperboloïdes, pignons et crémaillères; trains épicycloïdaux; (*b*) courbes roulantes; roues de Rœmer; (*c*) excentriques et cames, etc.

2e *genre. Transmission par l'intermédiaire d'un lien rigide.* (*a*) Roues accouplées par une bielle; (*b*) bielle reliant deux manivelles; bielle reliant la tête de la tige d'un piston à une manivelle, parallélogramme de Watt; parallélogramme du général Peaucellier, etc.

3e *genre. Transmission par liens flexibles.* (*a*) Poulies fixes et mobiles; moufles, treuils; courroies sans fin; câbles télodynamiques; (*b*) treuils bobinés pour câbles plats; (*c*) courroies avec tendeurs oscillants, etc.

Chaque genre se subdivise en trois classes: *Classe* A. Sens de la transmission constant; rapport des vitesses constant; *classe B.* Sens de la transmission constant; rapport des vitesses variable; *classe C.* Sens de la transmission variable.

Les exemples cités plus haut et marqués (*a*), (*b*), (*c*) appartiennent respectivement aux classes *A*, *B*, *C*. — M. L.

Bibliographie : Résal : *Cinématique pure, Traité de mécanique générale;* Poncelet ; *Introduction à la mécanique industrielle;* Bour : *Cours de mécanique professé à l'école polytechnique ;* Lanz et Bétancourt : *Essai sur la composition des machines;* Collignon : *Traité de mécanique,* Cinématique, 1 vol.; Haton de la Goupillière : *Traité des mécanismes, Traité théorique et pratique des engrenages;* Willis : *Principles of mechanism;* Schell : *Theorie der bewiegung und kræfte.*

***CINGLAGE**. *T. de métall.* L'une des opérations de la métallurgie du fer, qui a pour but de détruire, à l'aide d'une forte compression, les pores qui existent dans les boules de fer formés dans le *puddlage* (V. ce mot) et d'en expulser les scories. Il y a deux séries d'appareils de cinglage: les appareils de la première série opèrent par choc: la tête du marteau tombe avec une certaine vitesse sur la boule.

Les appareils de deuxième série opèrent par une pression plus ou moins lente et graduée. Ces outils conservent mieux au fer la continuité des fibres, mais le soudage est moins bon. Ils produisent dans la masse ferreuse une sorte de stratification. On ne les emploie que pour des produits de qualité moyenne et inférieure, ou pour des fers tendres qu'on ne risque pas ainsi de casser. Examinons sommairement chacune de ces séries.

Cinglage par choc. On emploie le *marteau frontal.* C'est un engin ayant la forme d'un T oscillant sur sa branche transversale; dans l'autre branche s'enfile la panne du marteau. Cet outil est mis en mouvement par un arbre à came. Il présente plusieurs inconvénients: il n'est abordable que de front; il est assez lourd: la partie mobile peut peser de 4,000 à 7,000 kilogrammes. Nous citerons comme exemple un marteau de 5,500 kilogrammes; le poids total des fontes accessoires était 42,000 kilogrammes environ; la levée du marteau variait de 0m,40 à 0m,50. Le nombre de coups est de 70 à 100. Le cinglage se fait en 20 ou 25 coups. Ce marteau peut desservir une dizaine de fours à puddler. On a cherché d'autres marteaux plus accessibles. La solution la plus simple est le marteau pilon à simple effet. Avec cet appareil on peut approcher l'enclume de tous les côtés; on peut faire varier la force, le nombre de coups; on peut même commencer l'opération par une simple pression. Le marteau pilon de cinglage est à deux montants dévoyés à la partie inférieure, l'enclume est peu élevée. Le sable peut servir de fondation, car le poids de la masse frappante ne varie que de 1,500 à 2,500 kilogrammes. La levée du marteau est de 1m,70 à 1m,30. Le diamètre du cylindre à vapeur varie de 0m,40 à 0m,50. La force exigée est de 15 à 25 chevaux. Ce marteau dessert dix à douze fours; il transforme la boule en *bloom*, prisme carré de 0m,12 de côté. Il est juste de dire que le marteau pilon coûte plus cher que le marteau frontal.

Cinglage par pression. Le plus ancien appareil, agissant par pression, est la presse à charnière appelée aussi *squeezer* ou *crocodile.* Elle est simple ou double. La presse simple a la forme d'un < dont l'une des branches est articulée à son point d'intersection avec l'autre.

La presse double a la forme d'un Y, mobile autour d'un axe passant par l'intersection des branches. La queue de l'Y reçoit le mouvement de va-et-vient d'une bielle. Quand l'une des branches comprime la boule, l'autre est soulevée et réciproquement. La presse double donne 50 à 60 coups par minute; la presse simple dessert 12 à 15 fours et exige environ 12 chevaux de force.

On a cherché à faire des squeezers rotatifs. L'appareil, en principe, se compose d'un premier demi-cylindre fixe, garni de dents, à l'intérieur duquel tourne un autre cylindre excentré et garni aussi de dents. La boule, entraînée par le mouvement de rotation, se comprime de plus en plus en passant dans un espace de plus en plus resserré. Ces appareils ne sont guère employés. Un marteau agit horizontalement et vient frapper la boule par le bout pendant qu'elle est comprimée. On a compliqué ce système et dans le cingleur Brown, par exemple, on a trois paires d'excentriques, agissant successivement. Notre conviction est que le marteau-pilon est encore le meilleur appareil de cinglage.

***CINGLEUR**. *T. de métall.* Appareil employé dans la métallurgie du fer pour l'opération appelée cinglage. — V. l'art. précédent.

***CINNAMIQUE** (acide). *T. de chim.* L'acide cinnamique qui n'était, encore dans ces derniers temps, qu'un produit de laboratoire, a acquis une importance considérable depuis que M. Baeyer a montré qu'il était un corps intermédiaire pour la synthèse de l'indigotine (V. Indigo). Voilà comment s'effectue la préparation en grand de l'acide cinnamique: 1 partie de bichlorure de benzyle $C^6H^5(CHCl^2)$ est chauffée pendant dix à

vingt heures à 180°-200° avec 2 ou 3 parties d'acétate de soude fondu et pulvérisé dans une chaudière ou dans un autoclave, munis d'un agitateur et d'un réfrigérant à reflux. Le produit obtenu est versé dans de l'eau, saturé avec de la soude et les corps volatils séparés par distillation avec la vapeur d'eau. Le résidu de la distillation est filtré à chaud et le cinnamate de soude décomposé par l'acide chlorhydrique. L'acide cinnamique est filtré, lavé, exprimé et soumis à la dessiccation. On le purifie, soit par distillation, soit par cristallisation dans l'eau ou l'alcool.

Pour régénérer l'acétate de soude employé en excès ou celui qui a échappé à la réaction, on évapore la solution alcaline du cinnamate de soude jusqu'à ce qu'un essai, refroidi et filtré, ne soit plus précipité par l'acide chlorhydrique ; toute la masse cristallisée est alors refroidie, le cinnamate de soude qui a cristallisé est filtré, tandis que les eaux-mères renferment tout l'acétate de soude, qu'on purifie par cristallisation et qui rentre dans la fabrication.

L'acide cinnamique se trouve également dans le styrax, le baume du tolu, etc. Il a pour formule $C^{18}H^8O^4$ (anc. not.); il doit être envisagé comme de l'acide phénylacrylique.

$$C^6H^5—CH=CH—COOH=C^9H^8O^2 \text{ (nouv. not.)}$$

Propriétés. L'acide cinnamique cristallise dans l'eau chaude en fines aiguilles fusibles à 133°. Chauffé rapidement il distille presque sans décomposition à 290°.

Les sels de l'acide cinnamique ressemblent aux benzoates.

Lorsqu'on distille l'acide cinnamique avec de la chaux, il se scinde en acide carbonique et en *styrol* ou *cinnamène* $C^6H^5—CH=CH^2$ (n. not.) $C^{16}H^8$ (anc. not.) liquide incolore, doué d'une odeur agréable, bouillant à 144-145°.

La *cinnaméine* qui se trouve dans le baume du Pérou et du tolu est constituée par un mélange de benzoate et de cinnamate de benzyle. La *styracine*, produit odorant du *styrax officinalis*, est constituée par le cinnamate de cinnamyle

$$C^8H^7—CO—O—C^9H^9 \text{ (n. not.)}$$

I. * **CINTRAGE.** *T. techn.* On désigne par ce mot une opération qui consiste à donner à des lignes, des surfaces ou des solides — pièces de bois, de fer, etc., — notamment dans les travaux de construction ou de mécanique et dans certaines opérations industrielles, une forme courbe déterminée, nommée *cintre* ; c'est là ce qu'on appelle *cintrer*, et on y parvient soit en exerçant certains efforts, soit au moyen d'actions physiques ou chimiques, soit en combinant ces efforts et ces actions. Ainsi seulement avec un effort donné on peut courber une pièce de bois ou de fer : mais, dans certains cas, l'action de la vapeur d'eau sur le bois permettra d'arriver plus facilement à un résultat, comme dans l'industrie des bois courbés ; et, dans nombre de cas, l'action de la chaleur est essentiellement nécessaire aux effets que l'on attend d'un effort mécanique, exercé par exemple sur des métaux, cette action précédant souvent l'effort, puis se combinant avec lui. Le cintrage à chaud des jantes de roues est dans ce cas.

Le mot *cintrage* se dit aussi de l'ensemble des dispositions qui servent de support aux divers éléments constitutifs d'une construction de forme courbe, à établir au-dessus d'un vide ; tels les arches d'un pont ou les voûtes d'un édifice ; ce support devant disparaître une fois que la construction est arrivée à un état tel qu'elle puisse se soutenir d'elle-même au-dessus de l'espace qu'elle doit franchir ou couvrir.

II. * **CINTRAGE.** *T. techn.* Opération pratiquée dans les ateliers sur les tôles et barres de fer qu'on veut simplement courber sans les emboutir.

Cintrage des tôles. Le cintrage des tôles dont nous avons parlé déjà à l'article CHAUDRONNERIE, se pratiquait autrefois à la main avec le marteau comme toutes les autres opérations de la chaudronnerie ancienne, mais c'était là un travail très pénible qui est exécuté mécaniquement aujourd'hui d'une manière plus satisfaisante et bien plus rapide. La tôle chauffée était placée sur un cylindre de diamètre un peu plus petit que celui qu'on voulait obtenir, l'ouvrier la frappait avec son marteau et cherchait, en se guidant surtout d'après son coup d'œil, à la courber et à la planer aussi régulièrement que possible. On comprend immédiatement combien il lui était difficile d'y réussir dans de pareilles conditions : la courbure n'était jamais parfaite, la tôle était toujours un peu bosselée et quelquefois aigrie dans le travail. Les machines à cintrer, au contraire, développent sur la tôle une action bien uniforme et facile à régler, et elles assurent enfin une perfection de forme qu'il serait impossible d'obtenir autrement.

On rencontre actuellement de nombreuses variétés de ces machines dans les ateliers de construction ; mais on peut dire néanmoins qu'elles reposent toutes sur le même principe : la tôle à cintrer est engagée dans une sorte de laminoir, entre trois cylindres ou rouleaux tournants, dont on peut faire varier les positions respectives suivant le cintrage à obtenir ; et comme les axes, une fois mis en place, restent immobiles pendant le passage de la tôle, on assure ainsi une courbure constante en tous les points de la pièce finie. La rotation de ces cylindres est obtenue quelquefois à la main ou plus souvent d'une manière mécanique par l'intermédiaire de courroies ou par la commande directe d'une machine à vapeur. On peut en voir différents exemples à l'article CHAUDRONNERIE.

Dans les dispositions les plus fréquemment adoptées, les trois cylindres sont montés sur des tourillons en fer qui peuvent tourner dans des coussinets ajustés sur le bâti de la machine. Ces rouleaux sont habituellement de même diamètre, mais cette règle est loin d'être absolue. Deux de ces cylindres sont situés dans un même plan horizontal, et sont fixes, tandis que le rouleau supérieur peut se déplacer verticalement, comme dans les laminoirs sous l'action de vis de pression verticales, manœuvrées à l'aide de croisillons

placés aux extrémités. Les deux cylindres inférieurs portent chacun une roue d'engrenage, et celles-ci sont commandées par un pignon unique actionné lui-même par une manivelle ou une courroie de transmission. Grâce à cette disposition, ces deux cylindres sont animés de mouvements de même sens, et entraînent ainsi la tôle qui passe en se courbant plus ou moins, suivant la position du rouleau supérieur, qui tourne lui-même en obéissant à un mouvement d'entraînement. Une disposition de poulies facile à réaliser permet d'ailleurs de changer le sens du mouvement de rotation.

On comprend ainsi qu'en exerçant une pression graduelle sur la tôle, on arrive à obtenir un cercle parfait, dont le diamètre limité d'ailleurs à celui du cylindre supérieur, est d'autant plus petit que ce rouleau sera plus rapproché des deux autres.

Avant d'engager la tôle, il faut avoir soin au préalable de cintrer les pinces au marteau, car l'écartement des cylindres ne permettrait pas de courber la tôle sur les bords. Quelquefois cependant, les rouleaux inférieurs sont mobiles, comme nous le verrons, ce qui permet de cintrer les pinces sous le cylindre supérieur.

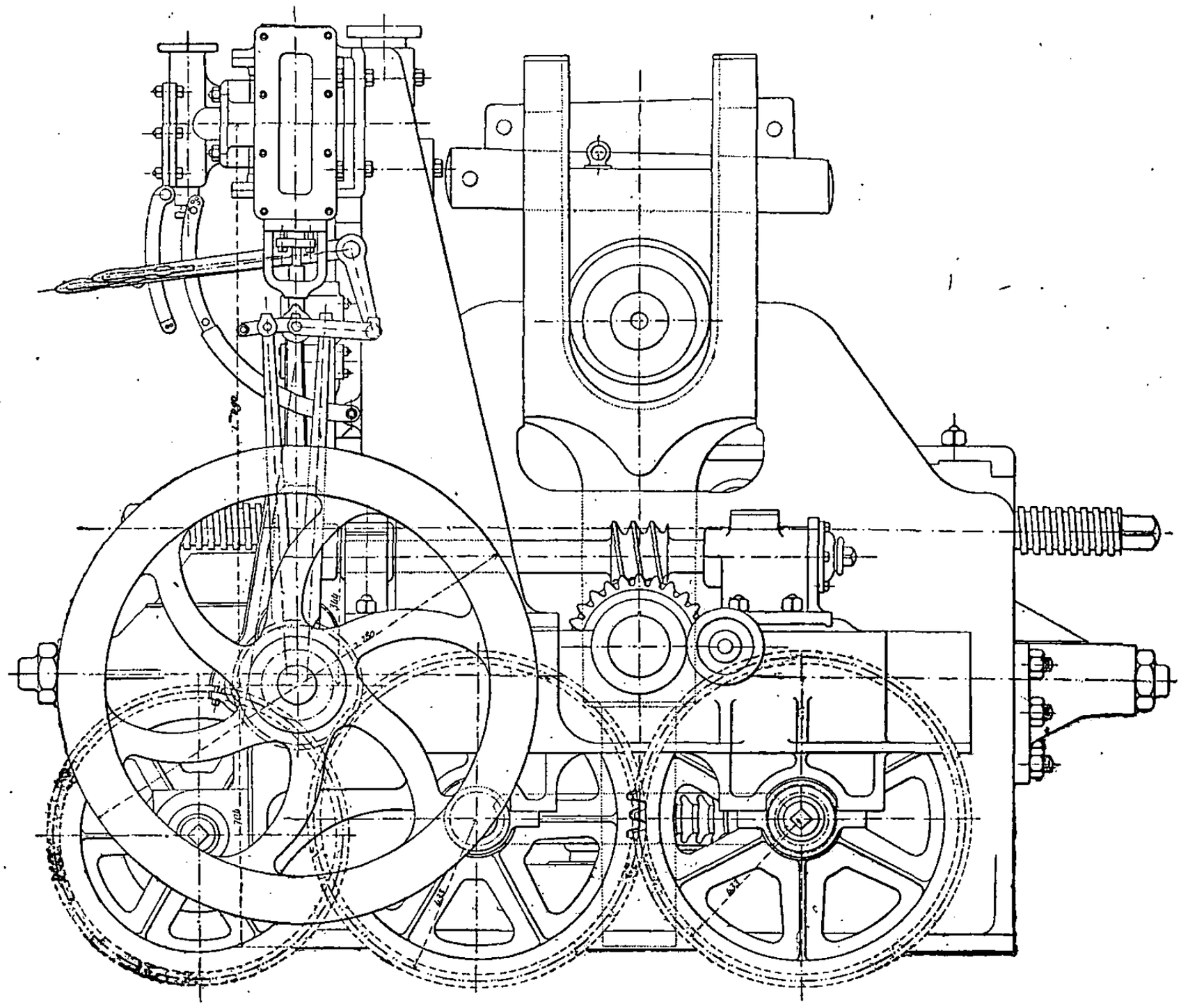


Fig. 253. — *Machine à cintrer. Vue de bout.*

Le cintrage des tôles se fait généralement à froid, toutefois il faut chauffer légèrement celles de qualité inférieure pour éviter des ruptures pendant le travail.

La disposition que nous venons de décrire est presque universellement adoptée ; toutefois certains constructeurs ont cru devoir y apporter quelques modifications. Nous citerons notamment celles qui ont été réalisées par M. Mazeline, du Havre. L'un des cylindres inférieurs est situé exactement sur la verticale du cylindre supérieur, tandis que l'autre est placé latéralement. Le cylindre supérieur est fixe, mais les deux autres rouleaux peuvent s'élever ou s'abaisser à l'aide de roues hélicoïdales formant écrous aux vis de pression. Des vis sans fin longitudinales font tourner d'une même quantité chacun des pignons situés sous l'extrémité de chaque rouleau et les déplacent ainsi parallèlement au cylindre supérieur. Le mouvement de rotation est transmis à celui-ci à l'aide de roues et de pignons que commandent quatre poulies de transmission, dont deux sont fixes et deux sont folles ; tandis que les deux cylindres inférieurs tournent par entraînement lorsqu'une tôle est engagée. Cette disposition de poulies permet de faire tourner les cylindres dans un sens ou dans l'autre, en agissant sur le débrayage. Le diamètre des cylindres lamineurs

est de 0,300 à 0,350, et leur longueur varie de 3,100 à 4,500, selon les machines

M. Claparède a construit récemment, pour les ateliers d'Indret, une machine qui peut servir à la fois pour planer et cintrer les tôles. Cette machine, destinée surtout au cintrage des tôles de fortes dimensions employées dans la construction des chaudières marines, représente par sa force, ses dimensions et la combinaison de ses mouvements, un des plus beaux types de machine à cintrer, créés dans ces derniers temps.

Une machine à vapeur à deux cylindres commande directement le mouvement de rotation des rouleaux inférieurs entraînant la tôle engagée, ainsi que le mouvement vertical de montée et de descente du rouleau supérieur pressant sur la tôle pour la cintrer. En outre, cet appareil permet non seulement d'obtenir des tôles cylindriques en laissant les rouleaux parallèles, mais aussi de préparer des surfaces coniques, l'axe du cylindre supérieur pouvant s'incliner automatiquement sur celui des deux autres. Enfin, on peut s'en servir pour planer les tôles en amenant un des cylindres inférieurs dans la verticale du cylindre supérieur. Cette machine est représentée sur les figures 253 à 255. Le moteur à vapeur actionne un arbre manivelle sur lequel sont montés deux débrayages (fig. 253), permettant de commander à volonté le mouvement de rotation des deux cylindres inférieurs et le mouvement de pression verticale du rouleau supérieur.

Le mouvement de montée et de descente du rouleau supérieur est obtenu par l'embrayage d'un pignon, commandant des roues dentées qui actionnent elles-mêmes deux arbres longitudinaux portant des vis sans fin engrenant avec des roues hélicoïdales formant écrous. Ces roues font monter ou descendre les vis portant les tourillons du cylindre supérieur et écartent ou rapprochent ainsi ce cylindre des deux autres. Les deux cylindres inférieurs sont indépendants et peuvent être écartés ou rapprochés à l'aide de vis agissant sur les paliers mobiles de leurs tourillons. Le déplacement latéral des cylindres inférieurs offre aussi cet avantage de permettre de cintrer les tôles sur leurs extrémités, car on pourra toujours avec cette disposition de rouleaux en ramener un dans une position telle que la tôle, restant appuyée sur les cylindres entraîneurs, soit suffisamment pressée pour être cintrée sur les bords.

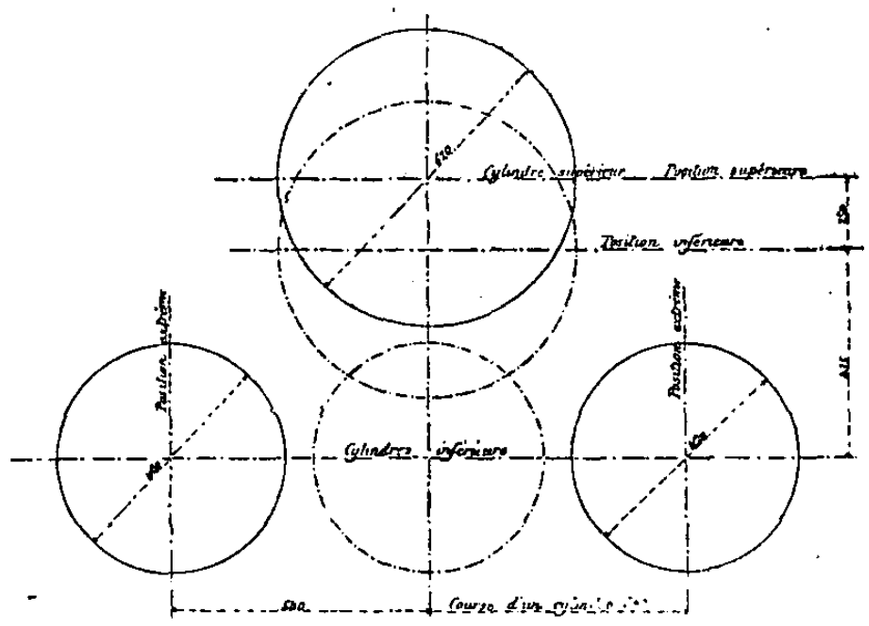


Fig. 254.— *Machine à cintrer. Coupe théorique montrant les positions que peuvent occuper les cylindres.*

De plus, deux débrayages permettent de faire tourner à volonté un des arbres sur lesquels sont calées des roues dentées et, par suite, d'incliner l'axe du cylindre supérieur pour obtenir le cintrage des tôles sous des formes coniques. Enfin, un treuil permet, par une disposition d'embrayage convenable, de soulever les cylindres à l'aide d'une chaîne lorsqu'il y a lieu de faire des réparations à la machine.

Le diamètre du cylindre supérieur est de $0^m,620$, sa course verticale, de $0^m,150$. Le diamètre des cylindres inférieurs est de $0^m,480$ et leur écartement extrême de $1^m,080$. La longueur des cylindres est de 6 mètres, et ceux-ci pour ne pas fléchir pendant le travail sont soutenus, en deux points de leur longueur, par des supports à galets fixés sur le bâti de la machine.

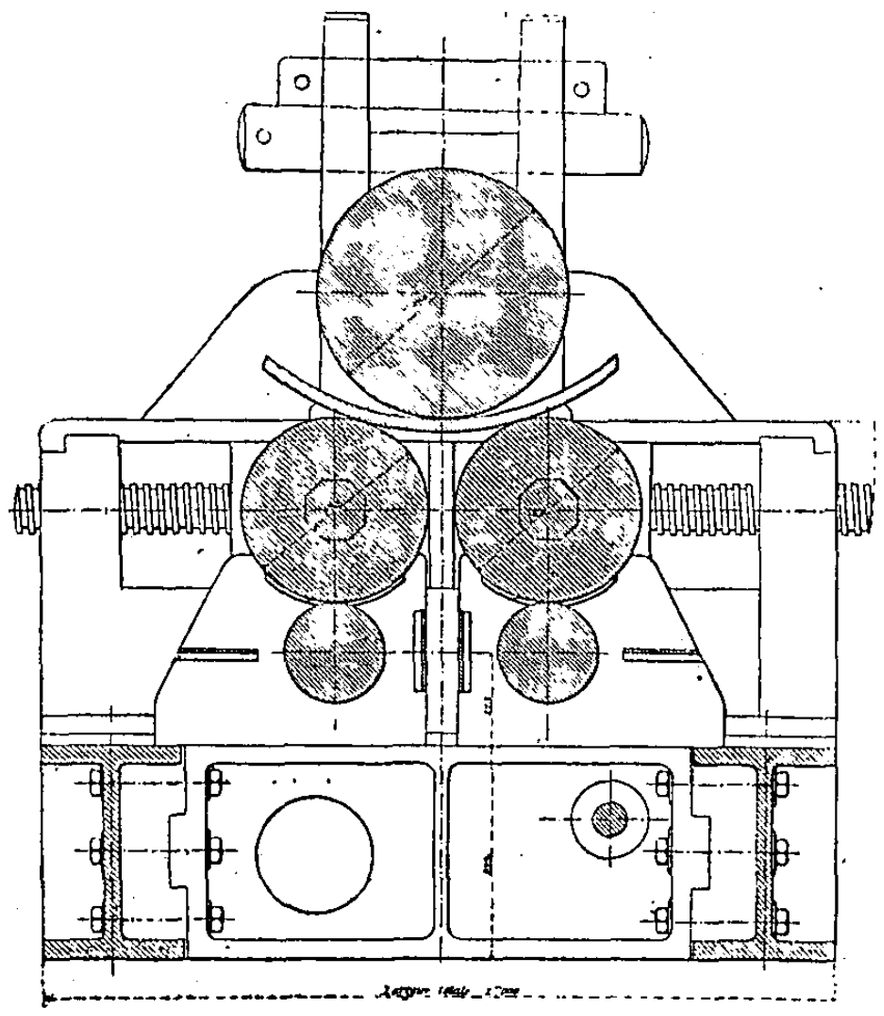


Fig. 255. — *Machine à cintrer. Coupe transversale à l'axe des cylindres.*

Cintrage des barres. Le cintrage des barres et des fers s'opère également aujourd'hui à l'aide de machines spéciales qui ont réalisé, dans ce cas, les mêmes progrès sur le travail à la main que pour le cintrage des tôles. Ces machines présentent aussi des formes assez diverses, mais elles reposent néanmoins sur un principe analogue aux machines que nous venons de décrire.

La machine de Dandoy, Maillard, Lucq (fig. 256) permet de cintrer des fers plats de

200/60, de fers à T sur champ de 200 millimètres de hauteur et des cornières. Elle se compose d'une paire de galets à gorges dans lesquelles passent les ailes du fer à cintrer, avec galet supérieur qui, cylindrique, presse constamment sur la partie plane du fer. La pression sur celui-ci est réglée à l'aide d'une manivelle actionnant les engrenages à vis de pression qui permettent de faire monter ou descendre le galet: les tourillons sont reçus dans des coussinets ajustés sur le bâti placé de chaque côté. Le mouvement de rotation est donné par la manivelle montée sur un arbre intermédiaire et les engrenages calés sur les galets inférieurs.

Nous pouvons également signaler une machine spéciale, destinée au cintrage des tuyaux qui rend de réels services dans les ateliers de chaudronnerie, s'occupant d'installations de sucreries, surtout pour la fabrication des serpentins des chaudières à cuire les jus.

Cette machine est basée, comme les précédentes, sur l'emploi de trois cylindres dont deux sont fixes et animés d'un mouvement de rotation par l'intermédiaire de roues calées sur leurs arbres,

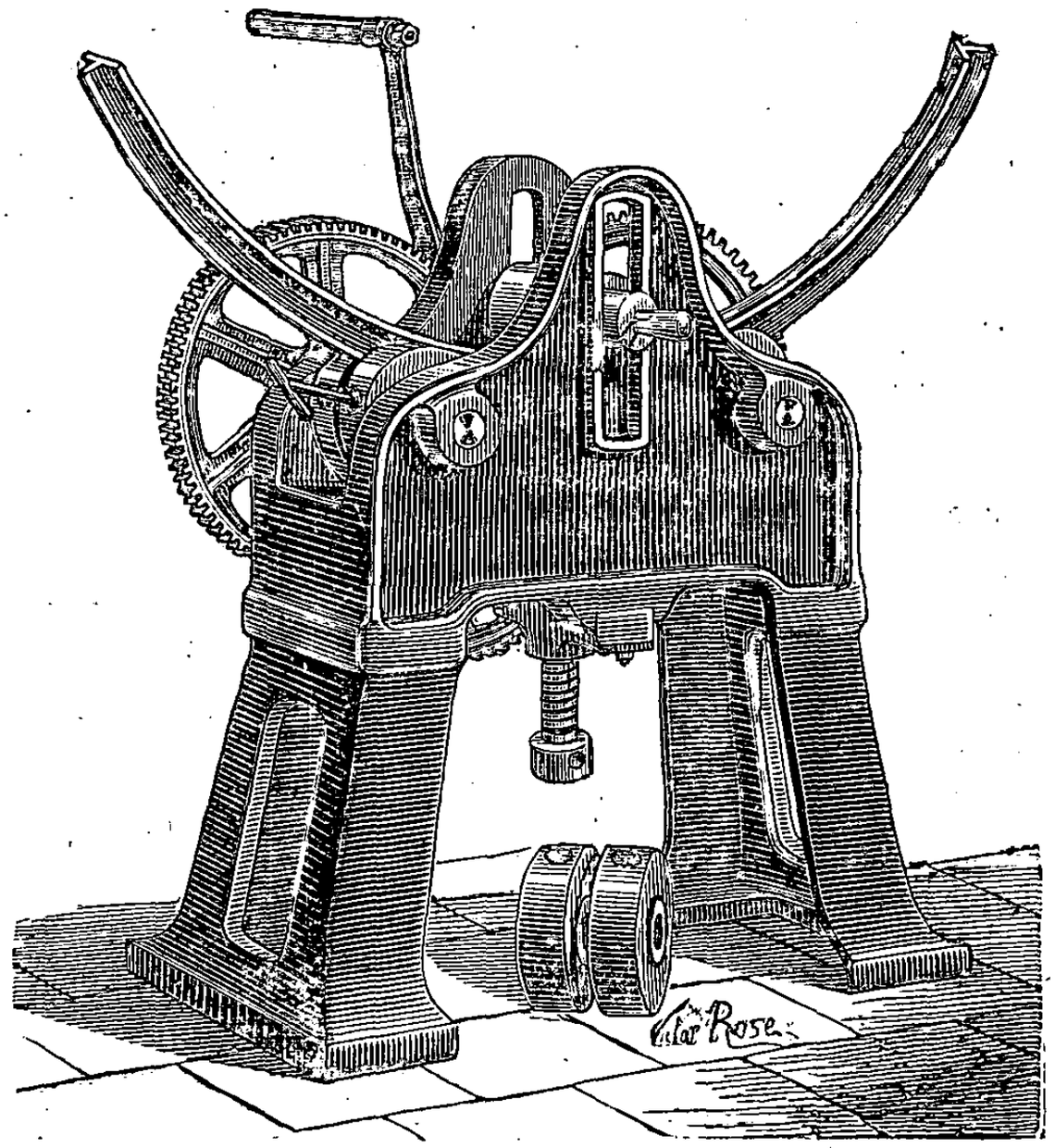


Fig. 256. — *Machine à cintrer les barres.*

commandées par la transmission, tandis que le troisième peut se déplacer à volonté à l'aide d'une vis, actionnée par la machine elle-même. La surface extérieure de ces cylindres est concave et peut embrasser le contour du tuyau à cintrer qui repose pendant l'opération sur une table circulaire en fonte au-dessus de laquelle se meuvent les cylindres.

CINTRE. *T. de constr.* Si l'on donne ce nom à la courbure affectée par un objet, un ouvrage quelconque et notamment à la courbe intérieure d'une construction en arc, telle qu'une arcade ou une voûte, le cintre pouvant être dit *surhaussé* ou *surbaissé*, selon que la demi-corde est plus petite ou plus grande que la flèche, le mot de *cintre*, en construction, désigne plus spécialement la partie principale des dispositions destinées à supporter les éléments constitutifs des arcs ou des voûtes pendant qu'on les exécute. Ces dispositions constituent un véritable échafaudage composé d'une ou de plusieurs parties généralement similaires, formées de diverses pièces, réunies entr'elles et disposées presque toujours dans un plan vertical; ce sont ces parties que l'on nomme *cintres*, et sur lesquelles on établit un plancher courbe dont la surface extérieure correspond à la surface intérieure de l'arc ou de la voûte à construire. C'est l'ensemble des cintres et du plancher qu'ils reçoivent qui a été désigné à l'article CINTRAGE. Comme les cintres sont généralement établis en gros bois, ils rentrent donc dans la catégorie des ouvrages de charpente; cependant, nous verrons que quelques tentatives ont été faites pour appliquer le métal dans la construction des cintres. Naturellement, si les cintres peuvent servir pour la construction des arcs et des voûtes, ils peuvent être utilisés comme de véritables étais pour consolider pendant une réparation, ou comme un plancher de support en cas de démolition.

Disons de suite que dans certains cas, d'ailleurs limités, on peut se servir comme cintre de la terre même. Ainsi (fig. 257) ayant fait l'excavation nécessaire pour la construction d'une voûte et de ses culées, on peut laisser un noyau en terre comme cintre pendant l'exécution ; puis celle-ci terminée retirer ce noyau. Cela suppose un ter-

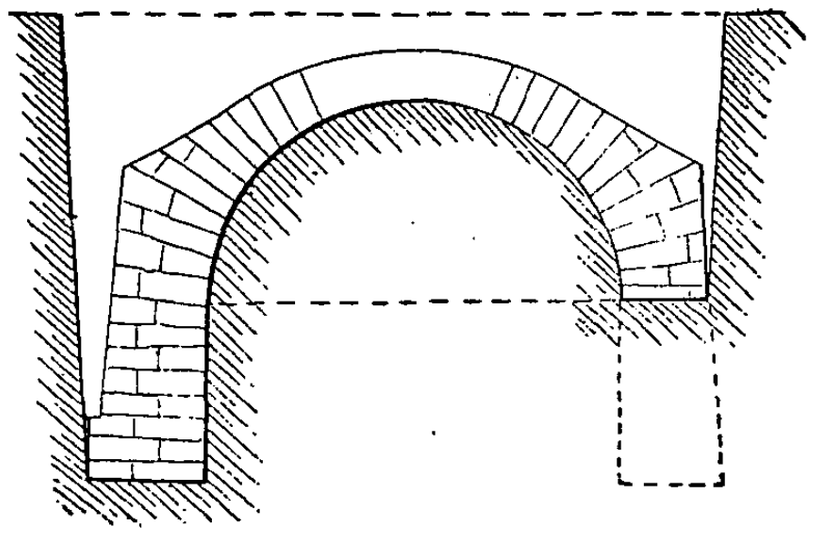


Fig. 257. — *Cintre en terre.*

rain d'une certaine consistance, mais dans le cas où elle serait moindre, on peut limiter le fond de l'excavation au niveau des naissances de l'arc, construire la voûte sur le noyau conservé comme cintre, puis enlever ce noyau et exécuter les culées ou pieds-droits en sous-œuvre. Dans l'un ou l'autre cas, l'emploi de ce moyen suppose des conditions spéciales, telles que certaines difficultés à ouvrir complètement l'excavation, la rareté du bois, le haut prix de la main-d'œuvre pour le travailler, etc. Dans certains cas, pour des voûtes de petite portée, on peut employer un cintre en terre ou en sable, que l'on dispose (fig. 258) avec la forme convenable sur un plancher reposant sur des traverses portées par des poteaux. Souvent, dans la construction des voû-

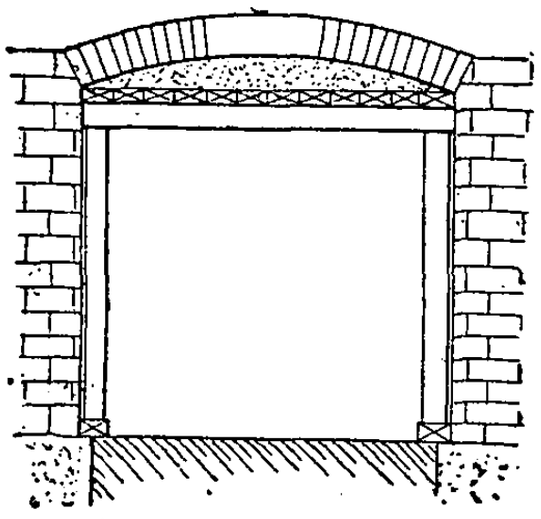


Fig. 258. — *Cintre en terre, sable ou plâtre.*

tains en briques qui servent de remplissage entre les solives en fer à double T des planchers des maisons, tels qu'on les exécute dans ce qu'on appelle le bâtiment, notamment à Paris, on établit le cintre sur ce plancher au moyen de plâtre gâché. Cet emploi est limité aux cas où n'ayant à exécuter que des portions de voûte ou quelques arcs de dimensions variées on cherche à faire l'économie de la façon d'un cintre qui ne servirait qu'une fois à un ouvrage de peu d'importance.

Les combinaisons des cintres en charpente sont des plus variées, et cela est facile à concevoir, si on considère les variétés de formes, de dispositions et de dimensions, des arcs ou des voûtes que comporte l'art de construire. En ce qui touche la forme, il suffit de citer : l'arc, le demi-cercle ou plein-cintre, l'ellipse et l'anse de panier, l'ogive et plus exceptionnellement la parabole. Quant à la disposition, on peut avoir à cintrer : soit l'arc étroit d'une baie ou d'une arcade, soit des voûtes se développant en ligne droite ou engendrées sur un plan circulaire comme les dômes ou coupoles, les galeries annulaires, etc. Enfin, relativement à la dimension, qui peut varier indéfiniment, le cintre pourra être établi pour des portées très petites, — 1 mètre et même au-dessous, — ou moyennes, ou très grandes, — jusqu'à 50 et 60 mètres et au-dessus encore. — Et, la variété dans la forme, la disposition, la dimension, se complique de la diversité des circonstances. Ainsi dans tel cas, par exemple, pendant la construction d'un pont sur une rivière, une route, ou une tranchée de chemin de fer, il sera nécessaire de laisser les passages respectivement nécessaires pour le service de la navigation, l'usage de la route, l'exécution des terrassements ; dans tel autre cas, ce seront d'autres sujétions, sans parler de la question économique qui est impérieuse, surtout quand il s'agit d'ouvrages, comme les échafauds, les cintres, etc., d'un caractère essentiellement provisoire, destinés qu'ils sont à disparaître une fois leur rôle accompli par l'aide qu'ils ont apporté à la construction d'une œuvre permanente.

D'après ce qui précède, une classification très méthodique des espèces de cintres n'est pas sans difficulté, et on conçoit qu'elle ne peut être absolue ; au lieu de présenter une classification, il nous paraît préférable de décrire un certain nombre de cintres, car de l'examen de leurs dimensions, de leur forme générale — celle des constructions auxquelles ils doivent servir de supports — de leurs dispositions, et des conditions qu'ils doivent remplir, ressortira cette classification.

Dans la construction des petites voûtes ou voûtains, telles que celles en arc et en briques, qui servent de remplissage entre les solives en fer à section de double T qui constituent couramment l'ossature des planchers du rez-de-chaussée des maisons, telles qu'on les construit à notre époque, surtout à Paris, on emploie des cintres en bois, qu'on transporte d'une travée à l'autre au fur et à mesure de l'avancement des opérations. Ces cintres consistent en quelques pièces de bois taillées en courbe à la partie supérieure et réunies par des planches clouées (fig. 259) ; ils doivent être légers, deux hommes devant suffire à les manœuvrer ; on leur donne assez de largeur pour correspondre aux plus grands écartements des solives, et en général on en fait de plusieurs longueurs que l'on combine selon la portée des planchers.

Dans le cas où le remplissage des planchers se fait à plat au moyen de briques ou des plâtras, hourdés en plâtre, le cintrage se limite à un plan-

cher appliqué sous les solives soutenu par des traverses et des étais verticaux comme on en place sous les cintres mêmes. Quelquefois on a employé des cintres métalliques pour la construction des petits voûtains : une tôle cintrée raidie par des cornières ou des fers à T, avec ou sans entrait ou tirant, selon que cela est nécessaire pour conserver la

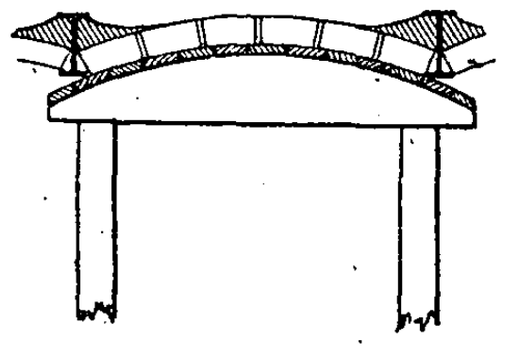


Fig. 259. — *Cintre en bois pour voûtains.*

courbure (fig. 260), et des crochets de suspension s'appuyant sur les solives par l'intermédiaire de calles, constituent le système. D'autres fois, le cintre métallique reste à demeure (fig. 261), et sert en même temps de support et de moule à un remplissage en béton.

Quand les voûtes s'accroissent en dimensions, l'emploi de planches pour constituer les cintres

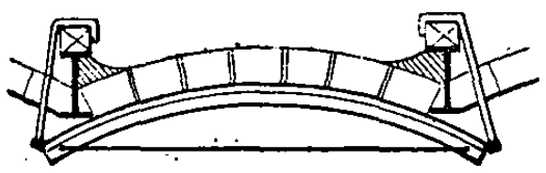


Fig. 260. — *Cintre mobile en tôle.*

ne suffit plus, il faut avoir recours à des pièces de bois de dimensions plus fortes. Ainsi pour une voûte en arc de dimension cependant réduite, comme 2 mètres par exemple en portée (fig. 262), on clouera de forts madriers suivant la courbure de la voûte, sur des pièces d'un certain équarrissage, taillées avec la courbe nécessaire, reposant soit sur des pièces horizontales soutenues par des poteaux, soit sur des corbeaux en pierre laissés

Fig. 261. — *Cintre fixe en tôle.*

dans la maçonnerie. Si la dimension de la voûte à cintrer s'accroît, il faut alors avoir recours à des combinaisons de pièces de charpente assemblées entre elles. Ainsi (fig. 263), pour prendre la combinaison la plus simple qu'on puisse faire, on aura d'après la forme de la voûte (ici un plein-cintre), des pièces *v*, taillées en courbe sur une de leurs faces, appelées *veaux*, fixées sur des arbalétriers *a*, lesquels sont assemblés à leurs extrémités sur un *entrait e* et contre un *poinçon p* destiné à soulager l'entrait au milieu de sa portée. On a là un cintre complet qui peut être soutenu par des poteaux verticaux ou reposer sur des corbeaux. Si un seul cintre suffit, comme dans le cas d'un arc de faible épaisseur, la courbure des veaux a le même rayon que l'intrados de l'arc. Si deux et plus de cintres, convenablement espacés, sont nécessaires, comme dans le cas d'une voûte, il faut alors les réunir par des pièces *c* appelées *couchis*, qui seront ou jointives, ou plus ou moins espacées, selon que la voûte sera construite avec des petits ou de gros matériaux. Les cintres reposent alors sur une sablière *s*, formant une assiette continue au cintrage.

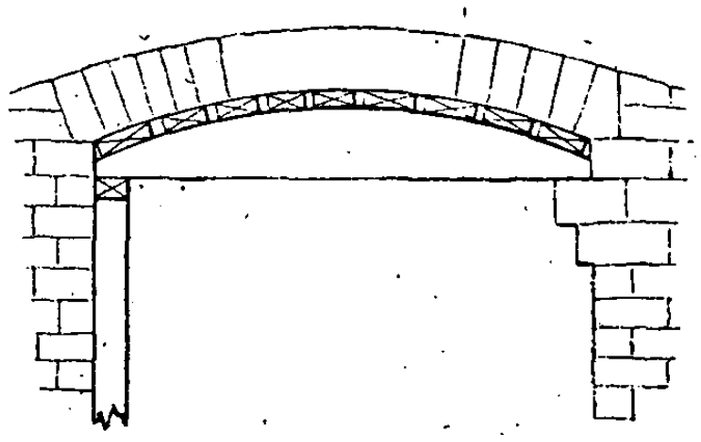


Fig. 262. — *Cintre pour petite voûte en arc.*

Pour un arc ou une voûte de dimension plus grande, on emploiera, pour chaque moitié, (fig. 264) une disposition analogue à la précédente, (*v* étant le veau, *a* l'arbalétrier, *p* le poinçon) ; un entrait *e*, un poinçon *p'* compléteront le système, et une sablière *s* recevra les divers cintres.

Dans le cas où l'on veut réserver un passage au-dessous du cintre, on relève l'entrait, le poinçon est alors raccourci d'autant (fig. 265) ; cette disposition suppose que le pied du cintre sera

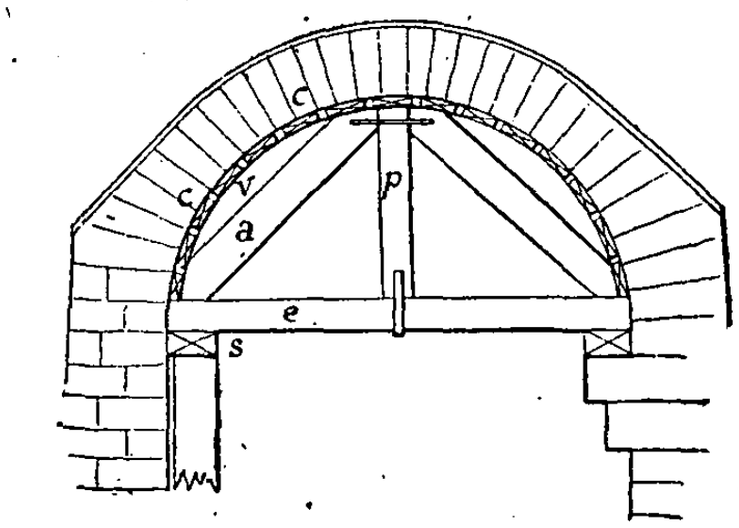


Fig. 263. — *Cintre pour petite voûte en plein-cintre.*

suffisamment maintenu par la construction, pour qu'il n'y ait déformation ni de la voûte ni du cintre pendant l'exécution. On a là ce qu'on appelle un cintre *retroussé*, ce qui se dit des cintres dont l'entrait est au-dessus des naissances, ainsi que de ceux sans entrait, en un mot des cintres qui exercent une poussée en leur pied sur les bases, culées ou pieds-droits des voûtes à construire. Les cintres qui ont des entraits, ou qui sont établis de telle façon que le poids du cintre et de la voûte sont portés par le cintre même et ses propres supports, sont dits cintres *fixes*.

Il y a des dispositions mixtes : ainsi (fig. 266) on peut avoir un cintre fixe, c'est-à-dire avec un entrait au niveau des naissances de la voûte, et en compléter la résistance en l'empêchant de flé-

chir au moyen de deux pièces obliques qui reportent les efforts aux culées ; pièces dont l'adjonction donne à l'ensemble le caractère d'un cintre retroussé. Cette disposition permet la circulation au-dessous du cintre. Dans le cas où la voûte prend des dimensions de plus en plus considérables, il faut multiplier le nombre des veaux ;

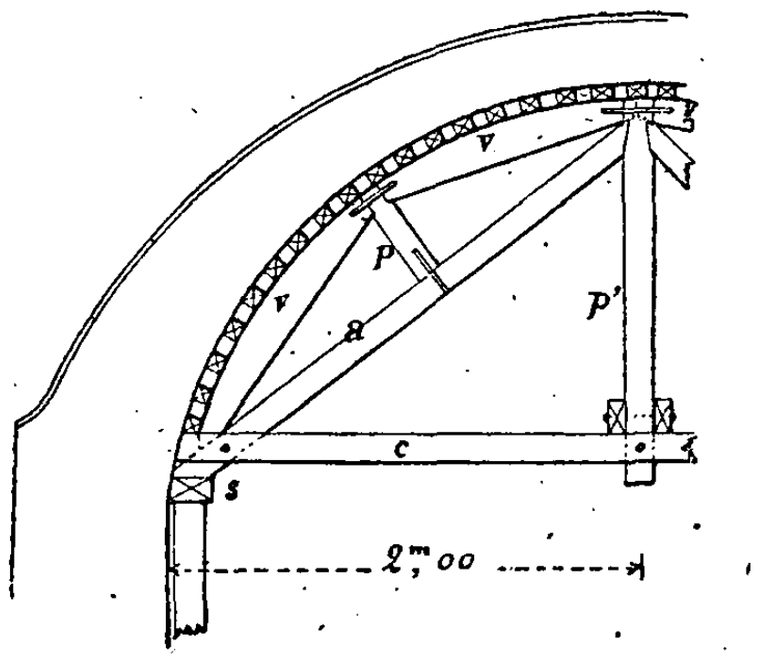


Fig. 264. — *Cintre pour voûte en plein-cintre.*

en effet, le veau étant une pièce taillée en courbe a nécessairement une longueur limitée par le fait de l'amincissement des extrémités, et pour un équarrissage donné, le veau sera d'autant plus court que la courbure de la voûte sera plus prononcée. Or, comme il faut que les extrémités des veaux soient soutenues, il en résulte — comme de leur plus grand nombre — une augmentation dans la quantité des pièces de supports et de celles des-

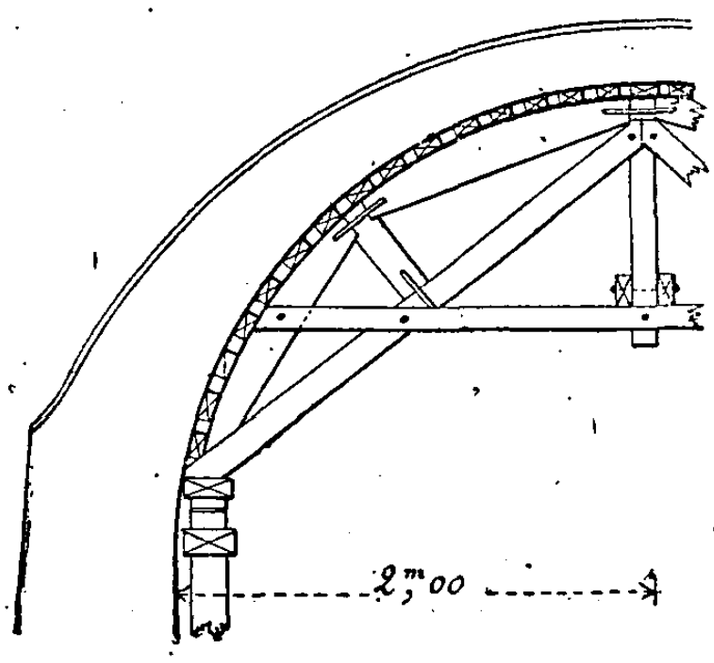


Fig. 265. — *Cintre retroussé pour voûte en plein-cintre.*

tinées à assurer une solidarité telle, que le tout forme un ensemble indéformable. Pour atteindre ce résultat, on a recours à des assemblages à tenons et mortaises des veaux dans les poinçons ou autres pièces de support, poteaux verticaux ou jambes de force obliques, et on consolide ces assemblages par des plates-bandes en fer boulonnées ; puis, on établit une liaison au moyen de moises entaillées au passage des pièces qu'elles relient et qui sont boulonnées avec elles ; enfin, d'une manière générale, on s'assure contre la déformation, non seulement par l'emploi des moyens ci-dessus en en donnant aux diverses pièces des dimensions convenables, mais surtout en les disposant de façon à obtenir des triangles, figures essentiellement indéformables.

Pour atteindre ce résultat, on fait aussi quelquefois les veaux en trois parties dans leur épaisseur, la partie du milieu étant double de celles

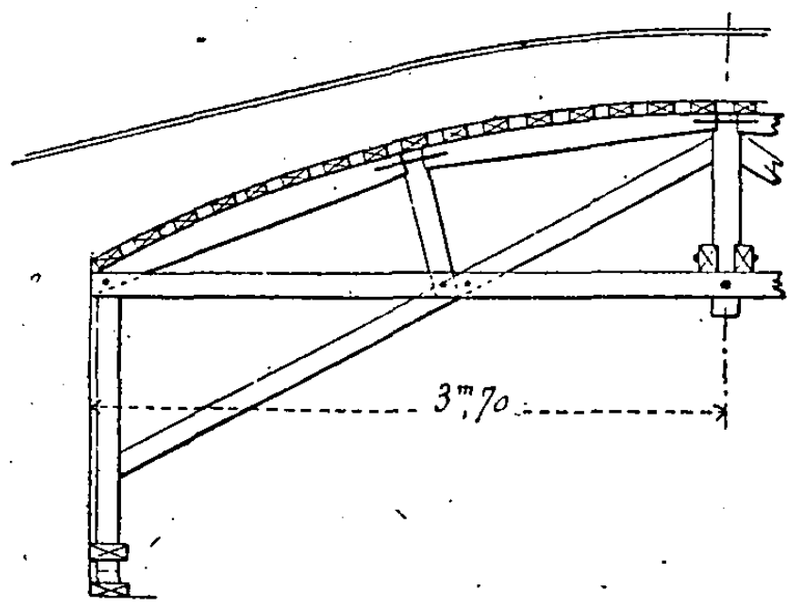


Fig. 266. — *Cintre mixte pour voûte en arc.*

qui la flanquent et avec lesquelles ses joints sont alternés.

Les exemples de grands cintres intéressants sont nombreux, mais on est obligé de choisir et de se limiter dans ce choix comme on l'a fait en présentant les exemples suivants.

Quand, dans un pont en plein-cintre de dimension moyenne, on a un sol solide, et qu'il n'est pas nécessaire de laisser un passage, on peut (fig. 267) disposer les supports des veaux obliquement, le

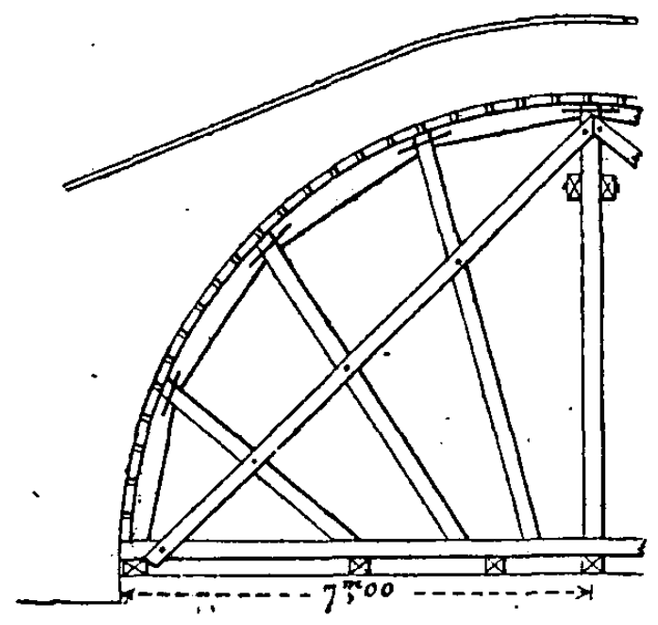


Fig. 267. — *Cintre fixe pour voûte en plein-cintre.*

plus normalement possible à la voûte, et en faisant porter leur extrémité sur un entrait formant semelle et reposant sur des calles ; deux moises allant de la clef aux naissances relient toutes ces pièces entre elles, et les empêchent de fléchir tout en formant avec le poinçon vertical et la semelle deux triangles qui empêchent la déformation de l'ensemble.

Si on veut donner passage à des vagons pour l'exécution de terrassements pendant la construction d'un pont, la disposition suivante (fig. 268) qui a été employée pour la construction d'un pont

en plein-cintre sous route sur la ligne du chemin de fer du Mans à Angers, dans la grande tranchée qui aboutit non loin du Loir, auprès de Briollay, peut rendre de bons services.

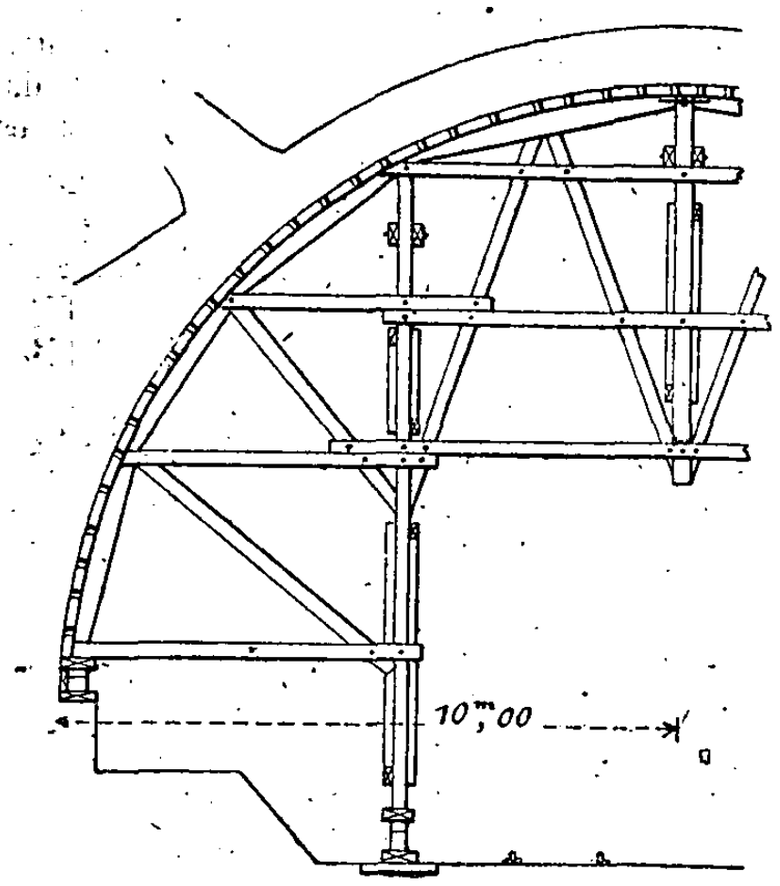


Fig. 268. — *Cintre pour voûte en plein-cintre, avec passage de service.*

La disposition qui suit a été employée pour la construction de ponts en arc sur la même ligne (fig. 269) ; dans cet exemple, l'entrait étant relevé jusqu'à la partie où la voûte a peu de flèche, il faut, pour éviter la flexion de cette portion du cintre, la soutenir au milieu ; on divise ainsi en deux le passage donné aux voies d'exécution des

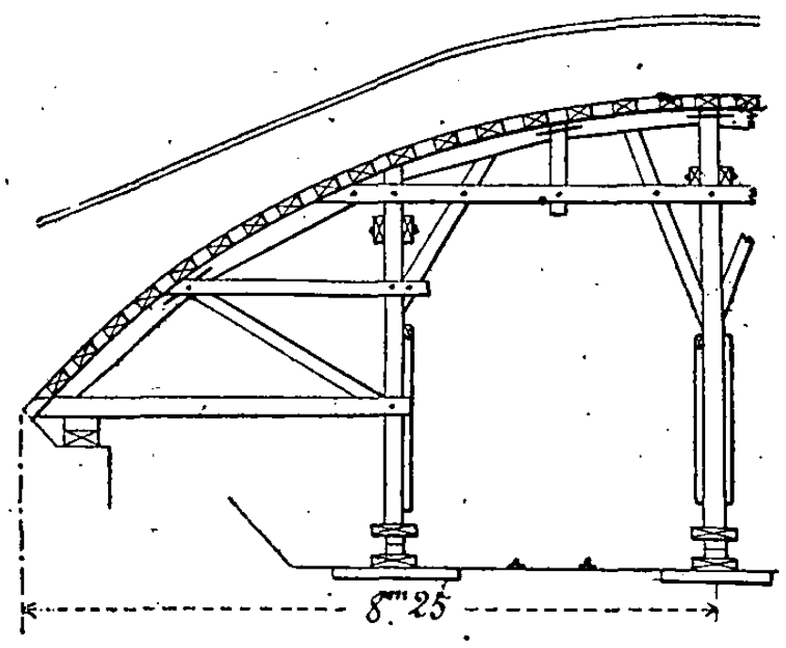


Fig. 269. — *Cintre pour voûte en arc, avec passage de service.*

travaux, passage qui n'a pu être obtenu là qu'en relevant l'entrait.

Lorsqu'on a des cintres à établir en rivière, on les installe, par l'intermédiaire de semelles, sur des pilotis, reliés entre eux ; et si on n'a, ni à tenir compte de la navigation, ni à craindre les hautes-eaux, et qu'aussi l'ouvrage ne doive pas être construit à une grande hauteur, la disposition suivante (fig. 270) est avantageuse. S'il est nécessaire de laisser un passage à la navigation on peut retrousser l'entrait du cintre, en reportant les charges sur les parties latérales, comme dans l'exemple donné plus haut (fig. 266). On conçoit qu'avec l'accroissement d'ouverture des

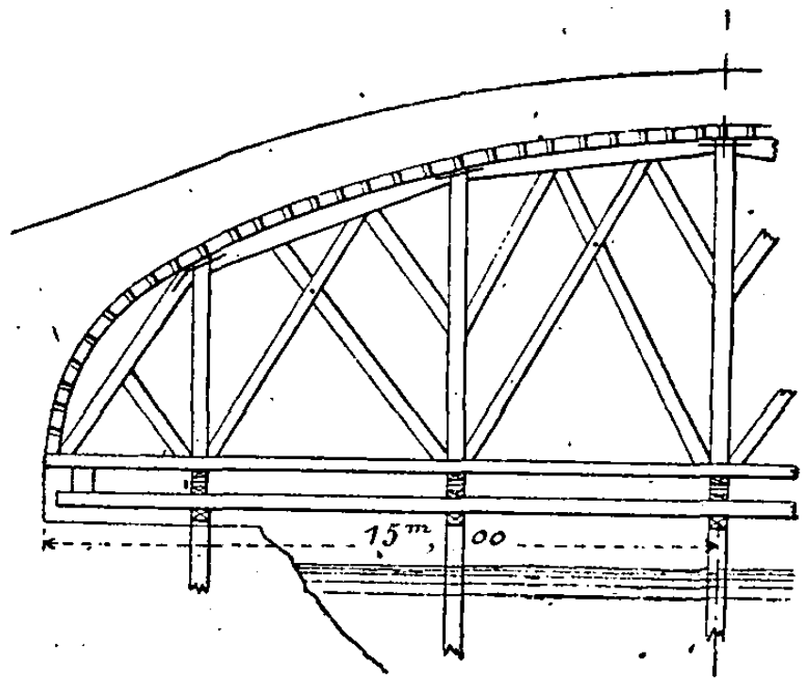


Fig. 270. — *Cintre pour voûte en anse de panier sur rivière.*

arches, le nombre des pièces augmente, et que les dispositions, sinon se compliquent, du moins deviennent plus multiples, les cintres employés dans la construction dn pont de Bordeaux en offrent un exemple (fig. 271).

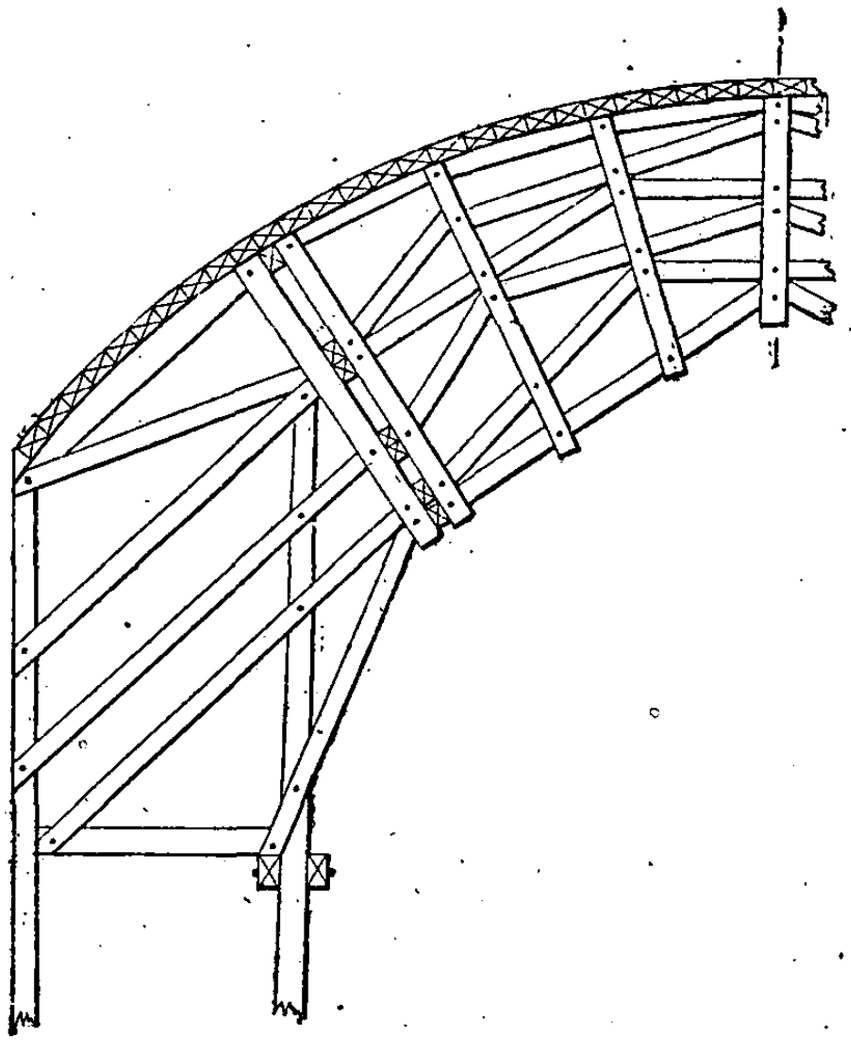


Fig. 271. — *Cintre retroussé du pont de Bordeaux.*

Quand les nécessités de la navigation obligent à avoir un passage assez grand, et si l'ouvrage a des arches relativement surbaissées, la partie du cintre placée au-dessus dn passage doit, pour supporter le poids de la voûte en construction, présenter une grande résistance, de là l'emploi de bois de fort équarrissage ; aussi pour arriver à une économie qui peut résulter de l'utilisation de

bois de petite dimension et obtenir, en même temps, un cintre rigide, l'a-t-on fait quelquefois comme une véritable poutre en treillis. La figure suivante 272 indique cette disposition telle qu'on l'a employée dans la construction du viaduc du Point-du-Jour, à Paris.

Quelquefois on se sert de cintres complètement retroussés, c'est-à-dire sans entrait, surtout dans

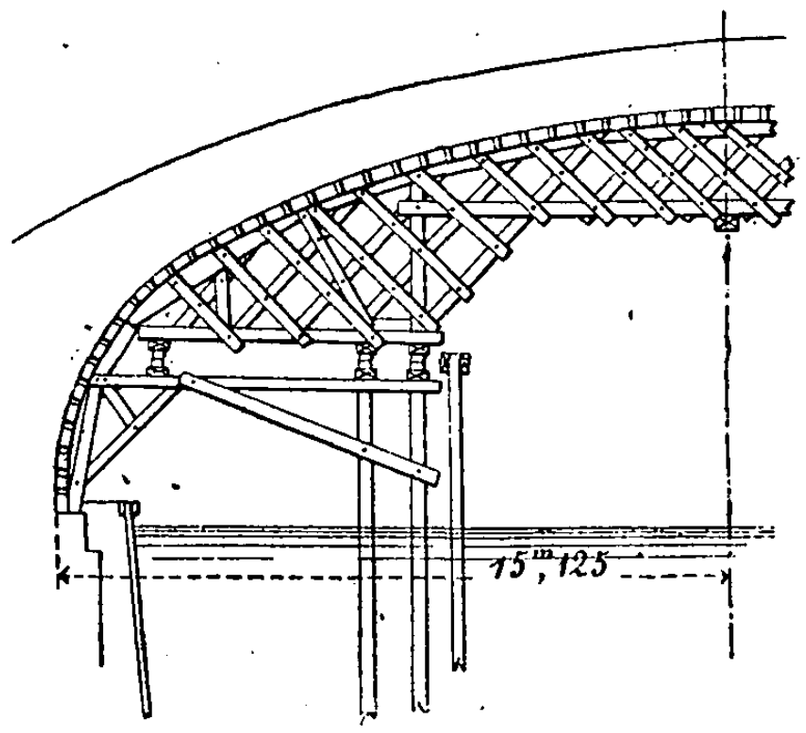


Fig. 272. — *Cintre des voûtes du viaduc du Point-du-Jour à Paris.*

les cas où il peut y avoir des difficultés à planter des pilotis nombreux en rivière et où le régime des eaux peut faire craindre des accidents; alors les cintres sont de véritables arches en charpente, qui prennent leur appui sur les piles du pont, et dont la construction demande beaucoup de soin, pour éviter toute déformation; leur emploi exige d'ailleurs beaucoup de circonspection dans la

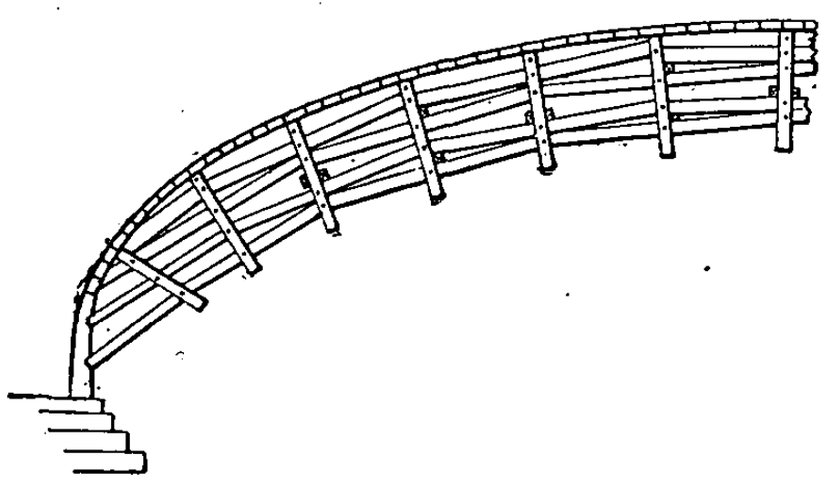


Fig. 273. — *Cintre des voûtes du Pont de Neuilly.*

marche des opérations de la construction des arcs. Parmi les cintres de ce genre, ceux qui ont été employés au Pont de Neuilly, sur la Seine (fig. 273), sont des types restés classiques.

A notre époque, l'emploi de l'arc brisé ou en ogive dont les architectes du moyen âge ont fait un emploi si rationnel, est assez rare; néanmoins on peut avoir à cintrer pour en construire. Les cintres qu'exigent ces arcs peuvent être assez légers : en effet, d'une part, l'appareil des arcs étant en assises horizontales jusqu'à une certaine hauteur au-dessus des naissances, et, d'autre part, ces arcs pesant peu sur le cintre, on peut remonter la naissance de ces charpentes, et les faire reposer sur des assises formant corbeau que l'on abat après la construction; de plus, on retrousse l'entrait. La figure 274 est un exemple de ce qu'on peut faire pour cintrer un arc brisé de petite ouverture. Il arrive souvent qu'il s'agit d'établir, en rapport avec la construction même, des cintres à une très grande hauteur; dans ce cas, il serait coûteux d'avoir des échafaudages pour supporter ces cintres, et montant depuis la base de la construction, puisque même pour édifier celle-ci, on en fait l'économie; on a alors recours à des cintres

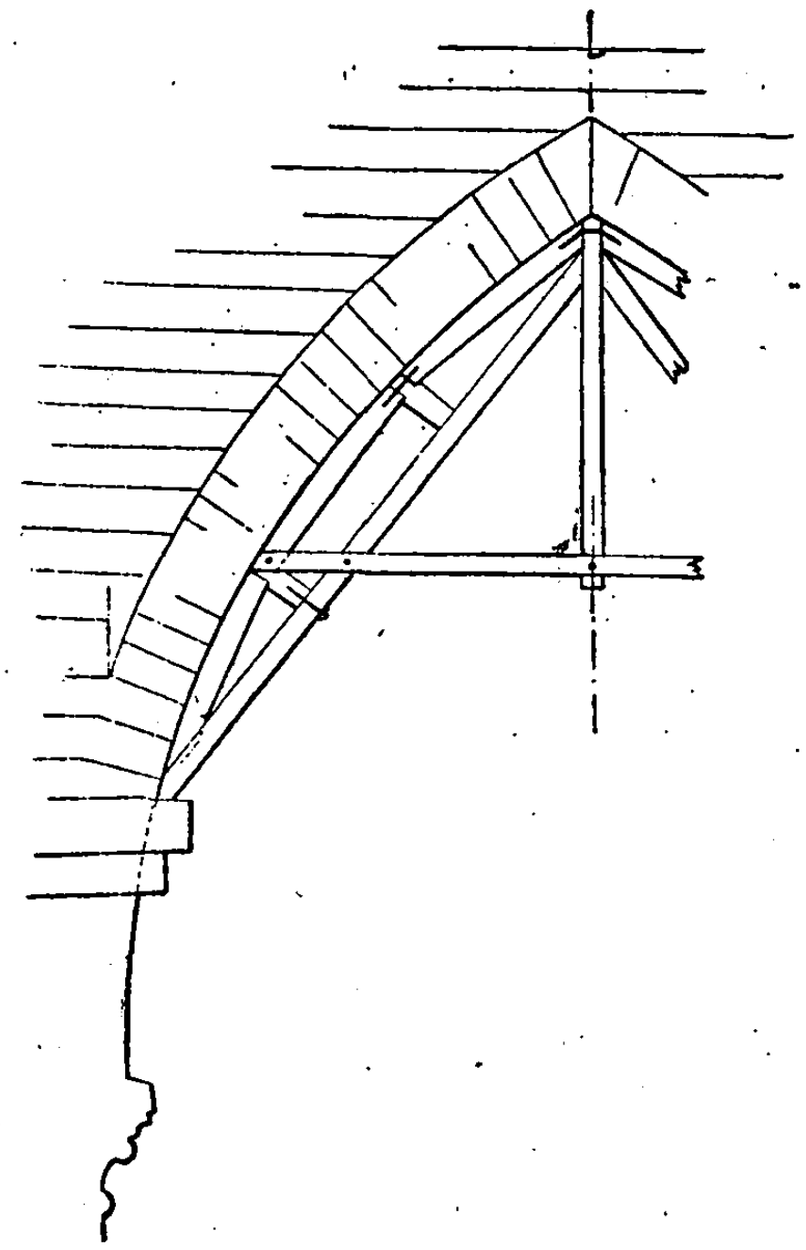


Fig. 274. — *Cintre pour arc en ogive.*

suspendus, comme on l'a fait pour la construction des voûtes de l'aqueduc de Roquefavour (fig. 275).

Quand il s'agit de voûtes qui présentent une grande longueur, on conçoit que la dépense en cintres puisse être considérable, si on cintre sur tout le développement; aussi se limite-t-on généralement à cintrer un tronçon de voûte; mais, dans ce cas il faut, une fois ce tronçon achevé, démonter le cintre, le transporter et le remonter pour procéder à la construction d'un autre tronçon; aussi a-t-on été conduit, pour économiser ces manœuvres et aussi pour gagner du temps, à faire des cintres roulants; il suffit pour cela d'établir sous les moises inférieures qui relient les cintres entre-eux des galets pouvant rouler sur des rails convenablement disposés; avec des manivelles et une transmission par engrenages, disposées de part et d'autre du cintre sur deux des galets, on peut faire avancer les cintres. Dans la

construction du grand égout du boulevard de Sébastopol à Paris, on a déplacé de cette façon des cintres présentant des dispositions analogues à celles décrites plus haut (fig. 265).

On a aussi employé des cintres roulants dans la construction de la grande voûte qui recouvre le canal St-Martin à Paris, mais là on a fait entrer

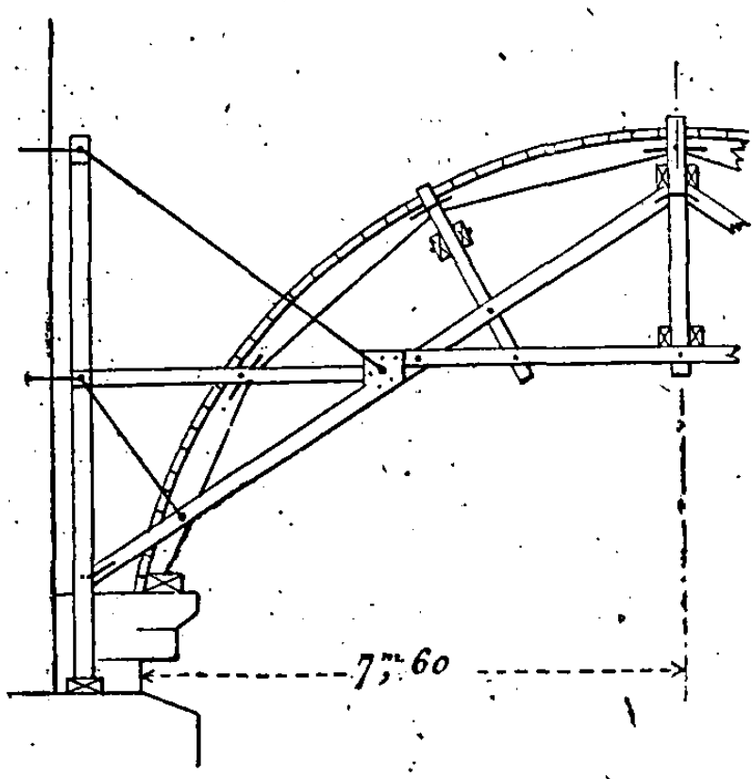


Fig. 275. — *Cintre suspendu des voûtes de l'aqueduc de Roquefavour.*

le fer dans la structure des cintres (fig. 276). Quoiqu'ils aient présenté une tendance à la déformation au fur et à mesure de la construction de la voûte, et qu'on ait dû les soutenir au moyen de pièces de bois, ce ne serait pas une raison pour abandonner le système des cintres en métal ; les déformations survenues ne sont pas inhérentes au métal (on a fait avec son emploi des œuvres assez

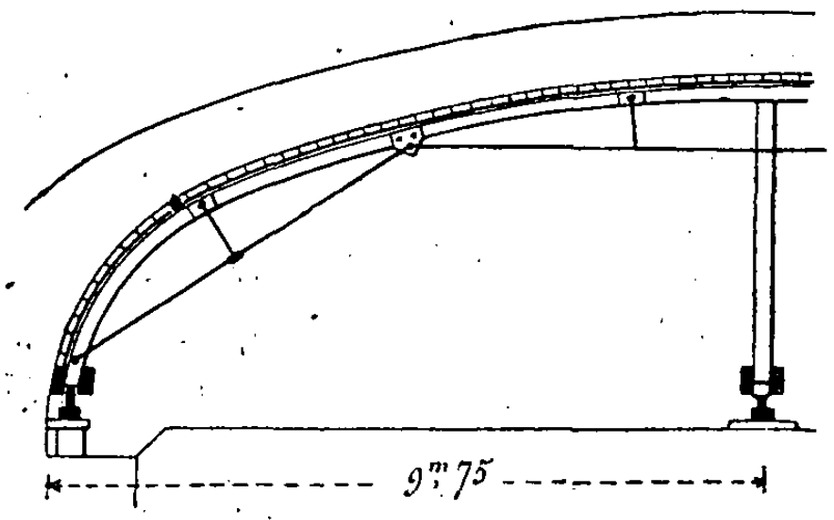


Fig. 276. — *Cintre en fer employé au canal St-Martin.*

grandes pour qu'il soit hors de cause dans ce cas), mais elles ont été un peu la conséquence de l'insuffisance des dimensions et surtout des dispositions défectueuses du cintre retroussé, représenté ci-dessus ; les points d'attache des tirants sont là comme des articulations autour desquelles pouvaient tourner les parties de cintres. Il semble que le prix du bois augmentant et celui du métal étant devenu très abordable, que l'emploi de cintres métalliques pourra, dans certains cas, présenter des avantages dans la construction. Ces avantages ont d'ailleurs été reconnus pour le cintrage de galeries de mines et dans le percement des tunnels ; mais ce genre de cintrage, qui est plutôt un véritable blindage, étant lié d'ailleurs à la marche des opérations dans la construction de ce genre d'ouvrages, nous renvoyons à leur étude l'examen de ces cintres.

Toujours est-il que les cintres métalliques n'ont eu encore qu'un emploi limité. En Angleterre, on s'est servi quelquefois de cintres en fonte, formés de claveaux, comme l'indique l'exemple ci-après (fig. 277). Il faut dire qu'une condition d'utilisation pratique du cintre en métal, fer ou fonte, est de nombreux réemplois ; s'il ne doit servir qu'une fois ce n'est plus que de la ferraille ; tandis que

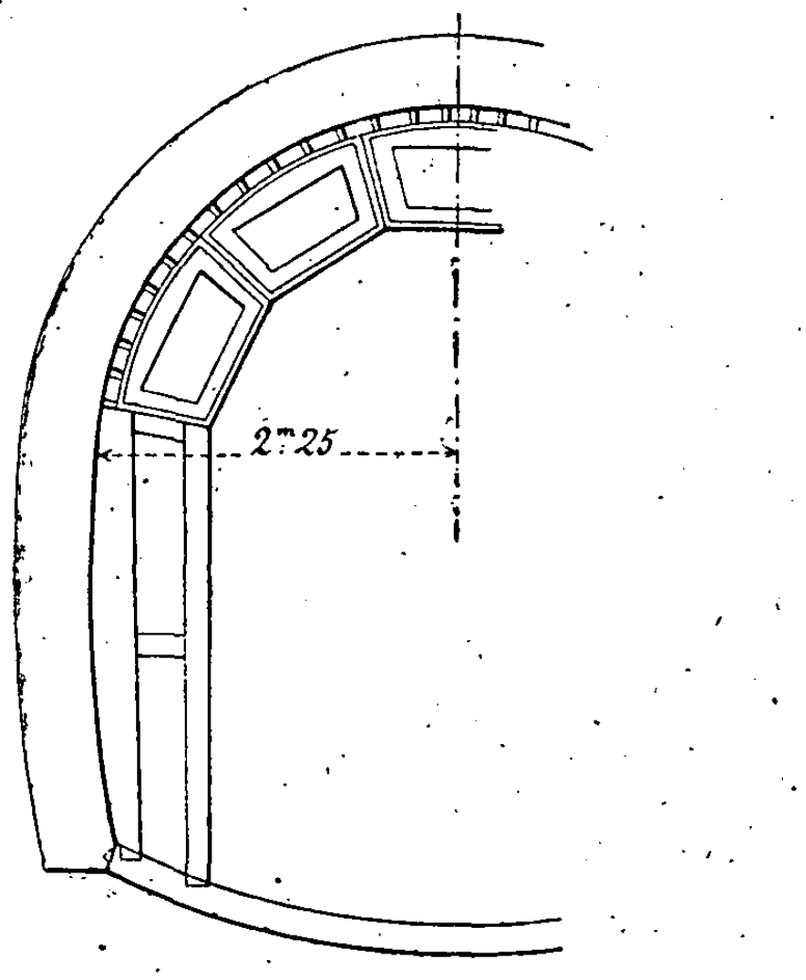


Fig. 277. — *Cintre en fonte.*

si un cintre en bois n'est pas réemployé, ses éléments retaillés peuvent servir, soit pour faire d'autres cintres, soit à d'autres usages.

La description des systèmes de cintres peut entraîner loin, ce que nous venons de dire du cintre en lui-même peut suffire pour se former des idées sur cet objet ; mais quant à l'emploi du cintre, lié à d'autres descriptions relatives à l'exécution ou au système même de la construction, l'examen sera plus à sa place dans l'étude de certains travaux et celle de leur exécution ; telle la construction de ponts et viaducs, où les cintres sont généralement disposés en relation avec les passages de service, qui servent alors à d'autres opérations ; telle l'édification des grandes voûtes sphériques, combinées de façon à n'employer que des cintres très légers, etc.

D'après ce qui précède, on voit que de nombreuses classifications des diverses espèces de cintres sont possibles, qu'on les classe soit suivant la forme de la voûte à construire, soit d'après la portée, soit selon les conditions qui font qu'on emploiera des cintres ou fixes, ou retroussés, ou mixtes, ou suspendus ou roulants ; soit qu'on

emploie le bois ou le métal. Mais quelle que soit la classification adoptée, le type choisi, le cintre devra toujours, dans son plan vertical, présenter un ensemble indéformable, et nous avons dit plus haut comment on l'obtenait; dans le sens transversal, il ne devra pas se déverser pour remplir efficacement son rôle de support, à cet effet le cintre sera contreventé, haubanné ou amarré, s'il est seul, comme dans le cas de la construction d'un arc; ou bien, s'il s'agit d'une voûte pour laquelle plusieurs cintres sont nécessaires, on les maintiendra dans leurs positions respectives en les reliant entre eux au moyen de pièces horizontales et de croix de St-André. Les couchis qui forment le plancher sur lequel se construit directement la voûte, forment aussi une liaison entre les cintres ; on l'assure mieux encore en donnant à un certain nombre de couchis un peu plus de hauteur, et on les entaille de façon à ce qu'ils servent d'entretoises.

On donne quelquefois aux cintres, surtout pour les voûtes d'une grande portée, une courbure un peu plus grande que celle que doit avoir la voûte, car pendant la construction même comme après le décintrement, il y a toujours un léger abaissement de cette voûte. L'augmentation de la flèche doit correspondre tout au plus à cet abaissement qui sera plus ou moins grand, non seulement d'après la portée de la voûte, mais encore selon le nombre de joints, la nature des mortiers, la qualité de l'exécution. D'après cela on peut concevoir que la pratique ait fourni des chiffres très variables pour l'abaissement des voûtes à la clef; en voici quelques-uns:

	Ouverture	Abaissement
Viaduc de Nogent.	50m,00	0m,446
Pont de Mantes.	»	0m,557
— de Neuilly.	39m,00	0m,660
— de St-Sauveur	42m,00	0m,220
— d'Iéna	28m,00	0m,120
— de Saint-Michel.	»	0m,003

Dans l'étude de la construction des voûtes, après avoir déterminé expérimentalement la réduction d'épaisseur dont est susceptible un joint fait avec un mortier donné, ou déduit théoriquement l'abaissement à la clef.

De ce que les éléments de la voûte, en s'ajoutant successivement les uns aux autres, pèsent sur les cintres, il faut donc donner aux pièces qui constituent ces cintres les dimensions nécessaires.

Connaissant ces efforts, on peut les décomposer suivant la direction des pièces pour en calculer la section.

Le poids d'un voussoir étant P, l'angle de la normale au joint avec la verticale passant par le centre de gravité étant α, l'action dans le sens du joint est

$$P\cos\alpha$$

l'action normalement au joint étant

$$P\sin\alpha$$

Le voussoir tend donc à glisser sur le joint avec $P\cos\alpha$, mais il y a résistance par frottement, le coefficient étant f, la résistance est $f\sin\alpha$, et la tendance au glissement à laquelle il y a à s'opposer devient:

$$P(\cos\alpha - f\sin\alpha)$$

Mais dans la pratique on ne tient pas compte du frottement non plus que de la cohésion des mortiers. Pour éviter de longs calculs, on a été conduit à établir des formules dont l'emploi puisse être immédiat. Dans sa *Routine sur l'établissement des voûtes*, Desjardins donne la formule suivante:

$$p = M\left(c + \frac{c^2}{r}\right)$$

dans laquelle on désigne par:

p la pression normale sur le cintre par unité de longueur de l'intrados;

M le poids de maçonnerie;

c l'épaisseur à la clef;

r le rayon d'intrados.

Désignant par R le rayon de courbure au sommet de l'intrados on a p en ce point par la formule

$$p = M\left(c + \frac{c^2}{R}\right)$$

Ces formules ne tiennent compte ni du frottement ni de la cohésion des mortiers. Décomposant l'effort p suivant la direction des pièces verticales, ou obliques, ou de liaison, on détermine leur section facilement.

Les couchis se calculent comme des solides reposant librement sur deux appuis, qui sont deux cintres voisins, quoique les couchis posent généralement sur un plus grand nombre de cintres. Le formule, appliquée dans ce cas, est donc la suivante:

$$\frac{pl^2}{8} = \frac{R\,bh^2}{6}$$

dans laquelle p est le poids par unité de longueur du couchis; l la longueur du couchis; R la résistance à la compression qui est 750,000 kilogrammes par mètre carré pour le bois, b la largeur du couchis et h sa hauteur.

Le sapin est généralement le bois qui, par sa nature, se prête le mieux à la confection des cintres, car ses fibres sont droites; on l'a en grande longueur, il se taille facilement, et son poids relativement faible le rend plus maniable que d'autres bois plus résistants, comme le chêne, par exemple, qui est d'ailleurs plus coûteux. Cependant, pour les veaux et pour les cales, on emploie quelquefois des bois durs, et, enfin, les circonstances locales influent sur le choix des bois, comme sur le choix des matériaux de la construction même.

De ce que l'arc ou la voûte, jouent un rôle des plus importants dans les constructions, en raison des nombreuses applications dont ils sont susceptibles, le rôle même du cintre, qui est destiné à en rendre possible l'exécution proprement dite, est donc important aussi; et, cette importance s'accroît encore dans divers travaux spéciaux, tels, par exemple, que les égouts (où il constitue

souvent une sorte de moule) et que les galeries et tunnels (où il remplit quelquefois, en même temps que celle de cintre pour la voûte à construire — la fonction sorte de soutènement et même de blindage), travaux dans lesquels son emploi est lié très intimement à la marche des opérations.

Le cintre présente donc, par destination, et comme œuvre de charpente, un grand intérêt; car, en le concevant, il s'agit de concilier l'économie — qui est impérieuse dans un genre de travaux appelés à disparaître après qu'on en a fait usage — avec une grande résistance, vu les charges considérables à supporter et la nécessité d'assurer, pendant l'exécution, la construction contre tout mouvement de ses éléments qui serait préjudiciable à la solidité. Et, malgré l'introduction du métal, aussi bien dans les installations destinées à l'exécution que même dans les œuvres constuites, le cintre en charpente sera souvent encore l'objet d'applications assez nombreuses pour que son étude reste digne d'attention pour le constructeur. — L. C.

Cintre. Partie du plafond qui règne au-dessus de la scène d'un théâtre; c'est là que sont établis les ponts, treuils, et tout le matériel nécessaire à la manœuvre des décors. || On nomme *loges* du cintre, dans une salle de théâtre, celles qui sont immédiatement sous le plafond. || Outil de charron. — V. CHARRONNAGE.

* **CINTRÉ, ÉE.** *Art hérald.* Se dit du globe impérial, entouré d'un cercle horizontal et d'un demi-cercle vertical d'émail particulier; les couronnes royales fermées sont aussi dites *cintrées.*

* **CINTREMENT.** *T. de constr.* Action d'établir les cintres d'une voûte ou d'une arcade pour la soutenir pendant sa construction.

CINTRER. *T. techn.* Bâtir en cintre, courber en cintre.

CIPOLIN. *T. de minér.* Marbre de structure foliacée, blanc grisâtre ou verdâtre, veiné de gris et quelquefois de bleu. On l'utilise pour la décoration intérieure des édifices.

CIPPE. *T. d'arch.* Fût de colonne sans base ni chapiteau qui, chez les Romains, avait différents usages et aussi des formes diverses. Le Louvre possède un beau cippe funéraire en marbre pentélique.

I. **CIRAGE.** *T. de filt.* Opération qui consiste à recouvrir de cire le fil de lin retors. Généralement, le cirage s'obtient au moyen de machines spéciales dans lesquelles les fils sont, ou cirés en masse par un ouvrier qui passe une brique de cire à la surface d'un écheveau tendu et animé d'un mouvement constant de rotation, ou cirés un à un en traversant une boule de cire mélangée d'ingrédients variables. — V. FILTERIE.

II. **CIRAGE.** Le cirage, tel qu'on le rencontre aujourd'hui dans le commerce, est un produit dont la fabrication ne date que d'une cinquantaine d'années. On n'employait autrefois qu'un mélange de blanc d'œuf et de noir de fumée, nommé *cirage à l'œuf,* qui tout en répondant assez bien au but que l'on se proposait, offrait toutefois deux inconvénients : la chaleur le faisait soulever en écailles, et l'humidité le ramollissait au point de le faire couler; enfin, il était d'une conservation difficile. Les cirages se divisent en deux catégories : les *cirages solides,* ou pour être plus exact, *pâteux*; et les *cirages liquides.*

Cirage solide. Malgré le nombre assez considérable de recettes qui existent pour cette fabrication, on peut ramener la composition de ce produit à une formule très simple et qui renferme les éléments communs à tout cirage, à savoir : un mélange de noir animal ou végétal, d'acide sulfurique et d'une matière gommeuse ou sucrée. Parmi les cirages solides, il en est un très répandu et connu sous le nom de *cirage anglais,* dont voici la composition :

Noir d'ivoire	2k,00
Mélasse	1.50
Acide sulfurique	0.40
Noix de galle concassée,	0.30
Sulfate de fer	0.20
Eau	2 lit.

Cette formule reçoit souvent de légères modifications par l'addition de différentes matières : huile de lin cuite, vinaigre, gomme arabique, et quelquefois une huile odorante comme celle de lavande. La préparation se fait de la façon suivante : On prend une grande bassine, pouvant contenir environ cinq fois le volume de l'eau employée et cela, à cause du bouillonnement qui se produit à la fin de l'opération quand on ajoute l'acide; on y mélange d'abord le noir animal, la mélasse et le sulfate de fer. La noix de galle est mise à infuser à part dans l'eau, cette infusion est filtrée puis ajoutée dans la bassine. Enfin, on introduit l'acide sulfurique peu à peu, en agitant continuellement. Une vive effervescence se produit, puis la masse prend la consistance d'une pâte molle, et on la renferme dans les vases ou boîtes où on livre le cirage au commerce.

Chaque fabricant a sa formule propre, mais comme nous le disons plus haut, la partie essentielle de toute composition est la précédente avec des proportions différentes et l'addition en plus de quelques autres substances. Nous ne pouvons passer sous silence le cirage anglais de Hunt, produit si répandu. Il y entre du noir d'ivoire et du noir végétal ainsi qu'un peu de bleu de Prusse, de la mélasse, de l'acide sulfurique, puis de la potasse, du vinaigre, de la bière, de l'huile de pied de bœuf, de l'eau-de-vie et de la cire d'abeilles.

On s'est beaucoup préoccupé de fabriquer des cirages ne contenant pas d'acides auxquels on a souvent attribué une funeste influence sur la conservation des chaussures. Un chimiste, Braconnot, après avoir étudié cette question, a même établi que les acides n'étaient nullement indispensables pour obtenir un produit de bonne qualité, il prétend même que leur suppression est tout à l'avantage du cirage. C'est dans cette catégorie qu'il convient de ranger certains produits qui ont reçu des dénominations diverses, et dont le *noir de chevreau* est un type à citer. Les éléments de ces nouveaux cirages sont : le suif, le

noir d'ivoire, la mélasse et l'huile de lin, on les rend plus ou moins consistants suivant la proportion d'eau qu'on y incorpore. Quelques fabricants y ajoutent de la cire ordinaire, de la farine, de la gomme arabique, etc.

Cirage liquide. Ces cirages ne diffèrent des précédents que par la proportion plus considérable d'eau qu'on y fait entrer. Cependant ce n'est pas l'eau seule qui forme, la plupart du temps, le véhicule liquide, mais encore de l'huile douce et de la bière et quelquefois du vinaigre. Le cirage liquide doit, aussitôt après sa fabrication, être enfermé dans des bouteilles, généralement en grès, hermétiquement bouchées afin de le conserver sans altération à l'abri de l'air.

On doit à Payen une formule de préparation pour un cirage très économique, et qui jouit de qualités égales à ceux que l'on trouve dans le commerce. Il remplace la mélasse et la gomme par de la fécule de pomme de terre, et le noir d'ivoire par du charbon animal. La fécule cuite et écrasée en bouillie claire dans de l'eau tiède, est mélangée peu à peu avec l'acide sulfurique étendu de dix fois son poids d'eau, en ayant toujours soin de bien agiter pendant le mélange, puis le noir animal est ajouté de la même façon.

On doit encore citer parmi les diverses compositions connues sous le nom de *cirage* quelques autres produits analogues, mais non plus colorés en noir. Ils servent à l'entretien des cuirs jaunes pour les harnais, les revers de bottes, etc. On les fabrique avec du lait et de l'acide sulfurique, et l'on ajoute souvent de la cire et de la lavande rouge pour obtenir des tons plus foncés.

Fabrication. Si l'on réfléchit au bas prix auquel on trouve les boîtes de cirage dans le commerce, on comprend que l'on a dû chercher à en simplifier la préparation par des moyens mécaniques; une autre considération guidait encore les constructeurs dans ces recherches : l'opération, d'où dépend la réussite du travail, le mélange intime des matières, opération difficile à bien exécuter à bras, mais qui se fait au contraire sans peine avec un malaxeur mécanique. Cet appareil très simple est formé par un tambour en bois, consolidé par des cercles extérieurs en fer, disposé horizontalement entre des supports et traversé par un axe en fer. Cet axe porte une série de palettes, en T, et reçoit un mouvement de rotation d'une manivelle par l'intermédiaire d'une série d'engrenages, soit à bras, soit par un moteur mécanique. Le mélange est ainsi brassé comme la pâte à pain dans un pétrin mécanique, avec lequel ce malaxeur a une analogie complète.

Enfin, l'on a disposé un remplisseur pour la mise en boîte dans le double but d'éviter les pertes de matière, d'opérer rapidement et de ne pas altérer la fraîcheur des boîtes métalliques. C'est tout simplement une petite pompe aspirante et foulante dont la course est réglée à volonté pour fournir un débit déterminé; la matière expulsée sort par une sorte d'entonnoir et vient se déposer régulièrement dans la boîte qu'elle remplit exactement sans déborder ni la défraîchir.

Ces deux machines, les plus généralement répandues, suffisent à une fabrication importante de cirage.

CIRCONFÉRENCE. *T. de géom.* Courbe fermée qui limite le cercle et dont tous les points sont à égale distance d'un point intérieur appelé *centre* (V. ce mot). Nous ne ferons que rappeler sommairement ici les propriétés de cette courbe qui sont connues de tous et qui forment, comme on sait la base de l'étude de la géométrie plane. Tous les diamètres sont égaux entre eux, ils sont perpendiculaires aux cordes qu'ils coupent par le milieu, et à la limite aux tangentes ayant leur point de contact à l'extrémité de ces diamètres, les arcs d'une même circonférence sont entre eux comme les angles au centre qu'ils sous-tendent, etc.

La mesure de la longueur de la circonférence, est une des questions qui ont le plus exercé la sagacité des anciens géomètres et on sait en effet combien d'entre eux se sont consumés en vains efforts pour réaliser ce qu'on a appelé la *quadrature du cercle*, c'est-à-dire pour arriver à construire à l'aide de la règle et du compas un carré de surface égale à celle du cercle, ou ce qui revient au même, une droite de longueur égale à celle de la circonférence. Malgré tous leurs travaux et leurs recherches, la question n'a jamais pu être résolue et elle est même aujourd'hui rangée en quelque sorte dans le domaine des choses irréalisables, bien qu'on n'ait jamais démontré d'ailleurs qu'elle soit réellement impossible à résoudre. Il faudrait prouver, ainsi qu'on l'a fait pour le nombre e base des logarithmes népériens, que le nombre π qui mesure le rapport constant de la circonférence au diamètre ne peut pas être la racine d'une équation du second degré à coefficients entiers. Quoi qu'il en soit, il est impossible jusqu'à présent de construire le nombre π d'une manière géométrique, et on ne peut l'évaluer que par le calcul et seulement d'une manière approximative, car on a reconnu que c'était un nombre incommensurable.

En géométrie, comme on sait, l'idée d'égalité entraîne la possibilité de superposition, et par suite, comme on ne peut pas développer une courbe dont on veut mesurer la longueur, on procède toujours en substituant à la courbe considérée un contour brisé à côtés rectilignes infiniment petits dont celle-ci forme la limite. Pour la circonférence, on prend un polygone inscrit ou circonscrit dont on fait croître indéfiniment le nombre de côtés jusqu'à ce qu'il se confonde en quelque sorte avec la courbe. Cette méthode sert à démontrer que le nombre π est constant, et elle peut s'appliquer du reste sous deux formes différentes, qui donnent des résultats identiques, soit qu'on fasse croître la longueur du périmètre du polygone, en supposant le diamètre constant (*Méthode des périmètres*), ou soit que l'on fasse varier le diamètre lui-même en supposant le périmètre connu et invariable (*Méthode des isopérimètres*). C'est ainsi qu'Archimède avait calculé

autrefois le nombre π en partant de l'hexagone régulier dont il avait doublé le nombre des côtés jusqu'à obtenir le polygone de 96 côtés, et il était ainsi arrivé au rapport $\frac{22}{7}$ ou 3,14285 qui donnait un résultat trop élevé.

Le nombre π a été calculé à diverses reprises par les géomètres modernes au moyen de méthodes nouvelles tirées de l'algèbre et fondées sur le calcul de certaines séries, on a poussé, paraît-il, jusqu'à la 150e décimale et on est arrivé ainsi à assigner à π la valeur approchée de 3,1415926.....

La surface du cercle est exprimée par la formule πR^2, elle est égale, comme on sait, à la longueur de la circonférence $2\pi R$ multipliée par $\frac{R}{2}$. — V. Cercle.

Toute section d'une surface de révolution par un plan perpendiculaire à son axe est un *cercle*, et pour la sphère en particulier, dont tous les diamètres sont des axes de révolution, une section plane quelconque est un cercle.

L'étude des sections faites sur les cônes de révolution par des plans obliques à l'axe s'appuie continuellement sur les propriétés du cercle, et celle de l'ellipse en particulier montre les liens intimes qui rattachent la circonférence à cette courbe qu'on peut définir, en effet, en la considérant comme une simple projection du cercle ; et d'autre part on reconnaît immédiatement en géométrie analytique que la circonférence elle-même n'est qu'un cas particulier de l'ellipse, les deux foyers étant alors confondus avec le centre, et tous les diamètres devenant des axes principaux.

On obtient en effet l'équation de la circonférence en écrivant qu'elle est le lieu de tous les points x, y, également distants d'un centre α, β, et on se trouve amené ainsi à une équation de la forme suivante (Q étant l'angle des axes coordonnées) :

$$(x-\alpha)^2+(y-\beta)^2+2(x-\alpha)(y-\beta)\cos Q=R^2$$

qui par des réductions devient

$$x^2+y^2+2xy\cos Q+ax+by+c=o$$

équation d'une ellipse dont les axes sont égaux.

La position du centre α, β est définie, comme on sait (V. Centre), par les deux équations

$$f'_x=o$$
$$f'_y=o,$$

qui donnent ici :

$$2\alpha+2\beta\cos Q+a=o$$
$$2\beta+2\alpha\cos Q+b=o.$$

Cercle osculateur. Si l'on considère une courbe quelconque plane ou gauche, on appelle *cercle osculateur* à cette courbe au point M un cercle tangent à la courbe en ce point et dont le rayon est égal au rayon de courbure de la courbe en ce point. — V. Centre, § *Centre de courbure*.

On arrive à la notion du cercle osculateur de la manière suivante : Imaginons une série de cercles tangents à une courbe en un point M, ces cercles coupent la courbe en un second point M'. Le cercle osculateur est alors celui pour lequel le point M' vient se confondre avec M. On voit par suite, qu'il a trois points communs avec la courbe (les deux points primitivement réunis en un seul par la condition de tangence en M; et le nouveau point M'). Comme ce nombre de contacts est impair, il en résulte que le cercle osculateur traverse la courbe.

Analytiquement, le cercle osculateur se détermine par la condition que le contact avec la courbe soit de l'ordre le plus élevé possible ; cette condition revient à dire que la distance au cercle du point infiniment voisin du point M est un infiniment petit du 3e ordre. Le cercle osculateur se confondant avec le cercle de courbure, les coordonnées de son centre $(\alpha\beta)$ sont définies par les équations (y, x, étant les coordonnées du point M considérée sur la courbe) :

$$\begin{cases} x-\alpha=\dfrac{1+\left(\dfrac{dy}{dx}\right)^2}{\dfrac{d^2y}{dx^2}}\dfrac{dy}{dx} \\ y-\beta=-\dfrac{1+\left(\dfrac{dy}{dx}\right)^2}{\dfrac{d^2y}{dx^2}} \end{cases}$$

Le lieu des centres des cercles osculateurs aux différents points d'une courbe n'est autre que la *développée* de cette courbe.

Courbes gauches. On appelle plus spécialement cercle osculateur d'une courbe gauche un cercle situé dans le plan osculateur et qui a plus de deux points de contact avec la courbe.

Ce cercle est également osculateur à la projection de la courbe sur ce plan : on démontre, en effet, que la distance d'un point infiniment voisin du point de contact, tant à la courbe qu'à sa projection, est un infiniment petit du 3e ordre.

Le centre du cercle osculateur coïncide avec le centre de courbure : il est situé sur la normale principale à la courbe, c'est-à-dire sur l'intersection du plan osculateur et du plan normal à la courbe. Ses coordonnées rapportées à trois axes rectangulaires Ox, Oy, Oz, sont, en désignant par ρ, le rayon de courbure, et par ds un élément infiniment petit de surface voisin du point de contact

$$\alpha=x+\rho^2\frac{d^2x}{ds^2}$$
$$\beta=y+\rho^2\frac{d^2y}{ds^2}$$
$$\gamma=z+\rho^2\frac{d^2z}{ds^2}$$

Circonférences primitives. On désigne sous ce nom les deux circonférences qui servent à tracer un engrenage cylindrique. Ces deux circonférences, en roulant l'une sur l'autre sans glissement, amènent la rotation des axes des deux engrenages dont elles font partie. — V. Engrenage.

* **CIRCUIT ÉLECTRIQUE.** Un circuit électrique est la voie suivie par une décharge électrique pour constituer un mouvement électrique continu appelé *courant électrique* (V. ce mot). Un circuit suppose, en conséquence, la présence d'un conducteur de forme définie qui réunit les deux points où la manifestation électrique s'est pro-

duite avec le signe + et le signe —, et comme une manifestation électrique ne peut avoir lieu sans qu'il se produise une charge positive et une charge négative, un circuit peut être considéré comme un arc conducteur circulaire qui réunit ces deux charges ; de là le nom qui lui a été donné ; mais, il est facile de comprendre que cette disposition du conducteur n'est pas indispensable et qu'il pourra prendre tous les contours possibles pourvu qu'il réunisse les deux points chargés électriquement d'une manière inverse. Il résulte toutefois de cette désignation une idée qui permet de préciser facilement les effets produits dans un circuit, c'est que si on donne un sens déterminé au courant, comme cela a lieu effectivement, on se trouve conduit à admettre que le courant traverse le circuit dans un sens diamétralement opposé aux deux extrémités d'un même diamètre du circuit, ou en deux points opposés des conducteurs qui se font face l'un à l'autre ; de là les désignations de *fil d'aller* et de *fil de retour* qu'on donne souvent aux deux parties du circuit correspondant à la charge positive et à la charge négative.

Un circuit peut être constitué par un conducteur entièrement métallique, par un conducteur composé de parties métalliques et de parties semi-conductrices ou par un conducteur correspondant à la terre. Dans ce dernier cas, le circuit n'a qu'un fil d'aller, et le fil de retour est remplacé par la terre. Ce sont les conditions des circuits télégraphiques, et l'expérience montre que la terre ne présentant par elle-même au courant qu'une résistance insignifiante, les circuits de cette nature sont ceux qui sont les plus économiques et les plus avantageux. Cependant, par suite de certains effets accidentels, par suite des difficultés qu'on rencontre dans l'isolement des fils, ils présentent quelques inconvénients qui, dans certains cas et surtout pour les lignes téléphoniques, sont assez graves pour qu'on leur préfère souvent l'emploi des deux fils. — V. Courant.

Les circuits peuvent être sous-marins ou aériens, simples ou dérivés, locaux ou de ligne, homogènes ou hétérogènes.

Les circuits sous-marins sont constitués par des câbles dont le conducteur est recouvert par une enveloppe isolante de gutta percha et d'étoupe goudronnée, le tout protégé par des fils de fer enroulés en torons comme les fils d'un câble ordinaire (V. Câble télégraphique, § *Câble sous-marin*). Ce câble est immergé au fond de la mer et communique par les deux bouts, aux points d'atterrissement, soit avec les fils aériens des lignes télégraphiques ordinaires qui doivent y être reliés, soit avec les appareils télégraphiques des deux points extrêmes ; mais le plus généralement le fil de retour est représenté par la terre, et la communication avec la terre doit être faite par des plaques métalliques de la surface la plus grande possible, plongeant dans une nappe d'eau ou dans un terrain mouillé.

Les circuits aériens sont constitués par des fils de fer galvanisé généralement de 4 millimètres de diamètre, tendus sur des isolateurs et supportés par des poteaux éloignés d'environ 80 mètres les uns des autres (V. Fil télégraphique). Ils peuvent être soutenus en plus ou moins grand nombre sur les mêmes poteaux, à condition que les isolateurs soient bons (V. Isolateur), et sont complétés comme les circuits sous-marins par la terre qui constitue le fil de retour.

Quand le courant traverse un circuit dans une même direction, celui-ci est dit *circuit simple ;* quand au contraire il rencontre sur son parcours plusieurs bifurcations pour s'écouler, les circuits correspondant à ces bifurcations sont appelés *circuits dérivés*, et ces derniers circuits peuvent être constitués soit d'une manière déterminée au moyen de fils greffés sur le premier circuit qui prend alors le nom de *circuit principal*, soit par de médiocres conducteurs, tels que des corps humides en contact avec le fil du circuit principal, et on les appelle alors des *dérivations*. Quand le circuit dérivé est établi pour affaiblir dans une proportion définie la sensibilité d'un instrument, il est appelé *shunt*, et le mode d'effectuer cette dérivation prend le nom de *shunter* l'appareil. Ce mot, qui est anglais, a été conservé parce que ce sont les anglais, qui font le plus souvent usage de cette méthode.

A proprement parler il n'existe pas de circuits simples car tous les moyens employés pour isoler les fils sont insuffisants. Sur les lignes télégraphiques aériennes les dérivations sont produites par la légère couche humide déposée sur les isolateurs, par les poussières conductrices qui s'y trouvent déposées, par les toiles d'araignées, par des contacts avec les branches d'arbres ou des herbes, enfin par la matière même des isolateurs qui présente, quoiqu'on fasse, une certaine conductibilité. Ces dérivations sont il est vrai très peu conductrices et par conséquent n'entraînent pas beaucoup de pertes de courant, mais, en raison de leur nombre, elles peuvent constituer une perte appréciable sur les longues lignes aériennes. Les lignes sous-marines elles-mêmes, malgré leur isolement avec de la gutta percha ou du caoutchouc, ne sont pas exemptes de dérivations qui se traduisent par un effet électro-statique auquel on a donné le nom d'*électrification*, et qui a pour résultat de laisser pénétrer le fluide au sein de la masse isolante et de la propager lentement dans le sens de son épaisseur. Toutefois, sur un parcours de petite longueur et à l'intérieur des maisons, on peut considérer un circuit ne présentant pas de dérivations métalliques ou liquides comme un *circuit simple*.

Les *circuits de ligne* sont ceux qui sont représentés par les lignes télégraphiques, tandis que les *circuits locaux* sont ceux qui sont établis à l'intérieur d'un poste au moyen de fils de communication isolés. Quand un appareil télégraphique doit effectuer, au poste de réception, la fermeture d'un courant destiné à faire fonctionner un autre appareil électrique placé à la station même, comme une sonnerie, un appareil enregistreur des dépêches, etc., le circuit conduisant ce courant est dit *circuit local*, et, généralement, ces circuits sont actionnés par une pile spéciale, appelée pour cela *pile locale*.

On appelle encore *circuits locaux*, les circuits que suivent accidentellement des courants à l'intérieur d'un générateur électrique ou d'un électrolyte. Dans une pile de Daniell il s'établit entre le zinc et la couche noire qui le recouvre une action locale dont le circuit est constitué par le métal lui-même et qui devient par conséquent un *circuit local*. Dans un fil de fer galvanisé, s'il se produit une légère écorchure sur la partie galvanisée, il se forme sous l'influence de la pluie une action locale dans laquelle le fer est pôle positif, le zinc pôle négatif, et alors le circuit local est constitué par la masse du fer et la couche liquide interposée. Ces circuits locaux se présentent malheureusement souvent dans les applications électriques et sont des causes d'irrégularité de marche et de perturbations très regrettables.

Un *circuit homogène* est un circuit constitué par deux fils métalliques réunis à travers les appareils qu'il est destiné à animer; mais, il devient *hétérogène* s'il présente en différents points de son parcours des conducteurs d'une nature différente. Un circuit complété par le sol est un *circuit hétérogène* ou *mixte* et la propagation électrique ne s'y effectue pas de la même manière que dans les circuits homogènes. Dans ceux-ci, le mouvement électrique appelé *courant* s'effectue à partir des deux pôles de la pile le long des deux fils pour se manifester en dernier lieu au milieu du circuit; dans les circuits hétérogènes, la propagation se complique et varie suivant les cas. Si c'est une surface métallique indéfinie ou une grande masse conductrice qui est interposée au milieu du circuit métallique, les manifestations positives et négatives, au lieu de s'effectuer suivant la ligne de plus courte distance, rayonnent dans toutes les directions à partir des points de communication des fils avec cette surface ou cette masse, et la masse entière du conducteur participe à la conduction. L'effet se produit comme si l'électricité était absorbée par la masse conductrice, et en raison de sa grandeur qui peut être considérée comme infinie, elle peut ne présenter aucune résistance au courant; alors la distance de ses points de communication avec les fils du circuit devient insignifiante; c'est le cas de la terre intervenant dans la constitution d'un circuit. La faible résistance qu'elle présente dépend alors de la surface des plaques de communication et de la conductibilité moyenne de la masse conductrice.

Si le circuit présente, intercalés en un ou plusieurs points de son parcours, des conducteurs liquides ou de médiocre conductibilité, de masse très limitée, les effets précédents se reproduisent sur une plus petite échelle, mais la distance des plaques de communication n'est plus sans influence, le courant passe d'une plaque à l'autre en décrivant à travers toute la masse une série de courbes que l'on peut considérer alors comme un ensemble de dérivations infiniment nombreuses, donnant chacune lieu à une *conduction* particulière à laquelle on a donné le nom de *conductibilité électrolytique* (V. ce mot). Dans ces conditions, il peut arriver qu'on puisse transmettre un courant à travers un bras de mer sans l'intervention d'aucuns fils conducteurs. Supposons, en effet, que sur l'une des rives de ce bras de mer on immerge, à une certaine distance l'une de l'autre, deux plaques mises en rapport avec une pile et un transmetteur télégraphique; supposons que sur l'autre rive on ait également immergé deux plaques réunies par un récepteur télégraphique: on comprendra que le courant envoyé se dérivant à partir des premières plaques comme il vient d'être expliqué, pourra fournir une courbe de dérivation passant par les deux autres plaques situées sur la rive opposée, et il passera évidemment entre ces deux dernières moins de courant qu'entre les deux premières, mais suffisamment cependant pour faire marcher des appareils télégraphiques. Des expériences de cette nature ont été faites à plusieurs reprises depuis 1844, mais les plus importantes sont celles que vient d'entreprendre M. Preece entre Portsmouth et Ryde, dans l'île de Wight, la pile et le transmetteur étant à Southampton.

Dans les circuits hétérogènes où la terre intervient pour représenter le fil de retour, le mouvement électrique, au lieu de s'effectuer en dernier lieu au milieu du circuit, comme dans les circuits métalliques, a pour limite extrême de sa course le bout du fil le plus éloigné qui est en communication avec le sol. Comme un courant ne peut se manifester dans un circuit, sans que le mouvement déterminé aux deux pôles de la pile s'effectue des deux côtés dans les mêmes conditions, il arrivera que si un fil télégraphique est en communication électrique avec le pôle positif d'une pile dont l'autre pôle communiquera à la terre, le mouvement électrique négatif s'effectuera directement de la pile à la terre à mesure que le mouvement positif se produira du pôle positif à la plaque de communication à la terre, à la station de réception.

Les circuits téléphoniques ont exigé dans leur exploitation sur des lignes un peu étendues une disposition particulière nécessitée par la grande sensibilité du téléphone et les effets d'induction des fils les uns sur les autres (V. Induction). En employant la terre comme fil de retour, les effets d'induction des fils voisins servant aux transmissions télégraphiques sont suffisants pour produire des bruits capables non seulement de troubler les conversations téléphoniques, mais encore d'être lus télégraphiquement. Pour supprimer ces inconvénients, on a renoncé à employer la terre comme fil de retour, et on a entortillé les deux fils du circuit, l'un autour de l'autre, afin que l'induction s'exerçant sur les deux en même temps, l'effet produit par l'un fut détruit par l'autre. Dans ces conditions, en effet, les courants utilisables ont, dans les deux fils, une direction opposée, ainsi qu'on l'a vu au commencement de cet article, et si un courant positif anormal était créé par induction dans le fil d'aller, un courant de même valeur serait créé dans le second fil, mais l'action de celui-ci se faisant dans ce fil en sens contraire de la première leurs effets seraient neutralisés. Depuis, M. Van Rysselberghe a trouvé un autre moyen dont nous

parlerons au sujet des courants ondulatoires. — TH. D. M.

***CIRCULATION.** En *T. techn.*, ce mot est fréquemment employé: *Eau de circulation*, eau refroidissante des condenseurs à surface; *Pompe de circulation*, pompe qui chasse l'eau condensante dans les condenseurs à surface; *Vapeur de circulation*, vapeur prise directement à la chaudière pour réchauffer les cylindres et qui retourne à la chaudière à l'état d'eau. — V. CHAUFFAGE, CHAUDIÈRE A VAPEUR.

CIRE. Nom donné à un grand nombre de substances d'origines très diverses, d'ordinaire naturelles, mais pouvant être également fabriquées artificiellement, et dont le type est la cire d'abeilles.

CIRES ANIMALES.

Les animaux qui produisent de la cire, sont des insectes appartenant à des ordres différents: celui des hyménoptères et celui des hémiptères.

Cire d'abeilles. La cire la plus répandue est certainement celle que donne l'*abeille domestique*, (*apis mellifica*. L.,) insecte de la famille des mellifères, ordre des hyménoptères, et ses variétés l'*abeille ligurienne* (Italie), l'*abeille à bandes* (Egypte), l'*abeille unicolore* (Madagascar) et l'*abeille sénégalienne*.

La cire est la substance qui compose les alvéoles, ou rayons, dans lesquels l'insecte dépose ses œufs, et le miel qui servira à la nourriture de la jeune larve.

Formation. Bien des plantes offrant, sur diverses parties de leur organisme, des matières cireuses, on a cru pendant longtemps, que l'abeille récoltait ce produit tout formé, pour en construire sa demeure. D'après les travaux de Hunter, de Hubert, de Genève, et surtout ceux de Gundlach (1842), et de Milne-Edwards et Dumas (1843), on sait aujourd'hui que la cire résulte d'une transformation, faite par la digestion, dans le corps de l'insecte, aux dépens des matières sucrées. Elle suinte, en minces lamelles, entre les demi-anneaux de l'abdomen des abeilles ouvrières, et est secrétée dans de petites glandes spéciales, situées sous le ventre. A mesure que la production se fait, l'animal malaxe cette cire dans sa bouche, puis la dispose avec ses pattes et sa tête, de façon à construire les cellules qui constitueront les rayons. Ces cellules sont de forme variable: les plus nombreuses, celles qui renferment les larves destinées à produire les ouvrières, ou les neutres, sont hexagonales; les autres, dans lesquelles écloront les mâles, et surtout la femelle, sont assez irrégulières.

Caractères. La cire est un corps solide, de coloration jaune plus ou moins foncée et uniforme; d'odeur aromatique, comme celle du miel; de saveur faible et douce; sa consistance est sèche, tenace; elle se brise assez facilement, et sa cassure offre une surface grenue. Sous l'influence de la chaleur, elle se ramollit à 35°, fond vers 64° à 65°, et se solidifie entre 62° à 63°. Sa densité est de 0,975; elle est inflammable et brûle sans résidu. Elle est insoluble dans l'eau, soluble dans les huiles fixes, les graisses, l'essence de térébenthine, la benzine, le sulfure de carbone; partiellement dans l'alcool et l'éther bouillants (20 0/0). Soumise à la distillation, elle ne donne pas d'acroléine ou d'acide sébacique, comme les corps gras; mais de l'acide acétique, de l'acide palmitique, de l'éthylène, des carbures d'hydrogène complexes, et de l'acide carbonique. Traitée par la lessive concentrée de potasse, la cire donne des savons, mais ne laisse pas séparer de glycérine. Elle offre donc certaines analogies avec les graisses, mais il y a entre elle et ces corps, une différence d'oxydation plus ou moins avancée.

Le commerce nous livre la cire sous forme de pains circulaires aplatis ou de briques, mais quand elle a subi certaines préparations qui ont pour but de lui enlever sa couleur jaune, elle ne présente plus tout à fait les caractères que nous venons d'indiquer. La *cire blanchie* ou *cire vierge* est diaphane, dure, cassante, sans saveur et presque inodore. Sa densité est de 0,966; elle se ramollit à 30°, et fond entre 69° et 70°. Elle brûle avec une flamme blanche, très éclairante, et est livrée sous la forme de petites rondelles de 1 décimètre de diamètre, et du poids de 30 à 60 grammes, dans lesquelles on fait entrer un peu de suif, pour la rendre plus malléable.

COMPOSITION. En traitant la cire par l'alcool bouillant, on en sépare de la *cérine* ou *acide cérotique* $C^{54}H^{54}O^4$, qui cristallise en aiguilles, est très soluble dans l'alcool, et entre pour 65 à 66 0/0, dans la composition de la cire, de la *myricine* ou *éther mélissomargarique*, $C^{60}H^{60}(C^{32}H^{32}O^4)$ qui n'existe qu'en petite quantité (4 à 5 0/0) dans le produit, et est tout à fait insoluble dans l'alcool; enfin, de la *céroléine*, substance particulière, qui est bien plus fusible que la cire, et qui est très soluble dans l'alcool et l'éther; il y en a de 30 à 31 0/0 dans la cire. Quant à la matière colorante jaune, c'est un produit encore mal connu, dont la coloration augmente avec le temps en intensité, surtout si les abeilles restent en contact avec les rayons. On est porté à admettre que cette matière provient des émanations du corps des abeilles, et se relie avec la nature de leur nourriture, la composition du sol, la coloration du pollen des fleurs, comme ces influences se relient à la nature du miel.

EXTRACTION. Pour se procurer la cire, après avoir transporté l'essaim dans une autre ruche vide, on laisse d'abord écouler spontanément le miel des rayons, puis enfin, on soumet ceux-ci à la presse, afin d'en extraire le plus possible de miel. Alors on fond le gateau de cire dans des vases en cuivre (ceux en fer noirciraient le produit) avec de l'eau, on agite bien, puis on laisse refroidir. La cire s'étant solidifiée à la surface du liquide, on enlève la couche solide, pour lui faire subir une seconde fusion, et la couler dans des vases. Malgré cette nouvelle opération, on trouve à la partie inférieure des pains de cire, une certaine quantité de matière étrangère, qui constitue ce que l'on nomme le *pied de la cire*. On enlève ces impuretés au couteau, et on soumet enfin la masse

à une nouvelle fusion, pour lui donner sa forme commerciale, c'est-à-dire la couler en pains circulaires aplatis, et à bords obliques, ou en briques longues de 35 à 40 centimètres sur 10 centimètres d'épaisseur. Les briques pèsent environ 3 kilogrammes, et les pains de 10 à 30 et même 60 kilogrammes.

Variétés commerciales. *Cires d'Europe.* Nous citerons parmi celles-ci : les cires de France (cires de Bretagne, de Normandie, des Landes, du Gatinais et de Bourgogne) ; les cires d'Italie, de Russie et de Hambourg.

Les *cires d'Afrique,* au nombre de deux, celles d'Abyssinie et du Sénégal.

Les *cires d'Amérique* comprenant celle des Antilles et celle des Etats-Unis.

Enfin, les *cires d'Asie* dont les principales sont les cires de l'Archipel asiatique, de Chine, de l'Inde et du Levant.

Blanchiment. Suivant l'usage auquel on destine la cire, on l'emploie brute ou blanchie. Cette opération du blanchiment s'effectue depuis le mois de mai, jusqu'en août. Pour décolorer la cire, on commence par la diviser en petits fragments, au moyen d'une hachette à main ; puis on la fond dans des chaudières en cuivre étamé, pouvant contenir 500 kilogrammes environ. On met la totalité, par fractions de 50 kilogrammes, en ajoutant chaque fois 5 à 6 litres d'eau, et, quand toute la masse est en fusion, on agite bien avec une spatule de bois, puis on y projette 25 grammes de crême de tartre par 100 kilogrammes de cire. Après quelque temps de brassage, on laisse reposer, en ayant soin de maintenir une certaine chaleur ; alors, au moyen des robinets inférieurs, après départ de l'eau, on fait écouler la cire liquide dans des cuves en bois, contenant de l'eau jusqu'au tiers environ de leur capacité. Ces vases étant eux-mêmes portés à une température convenable, la cire reste liquide. On l'abandonne quelque temps au repos, puis, on la fait tomber dans un petit réservoir métallique, dont le fond est criblé de trous, disposés en lignes régulières. La cire, en traversant ce vase, se divise, et tombe sur un cylindre de bois, à moitié plongé dans l'eau froide d'un vaste réservoir, et animé, par l'aide d'une manivelle à bras, d'un mouvement régulier de rotation. La matière déjà pâteuse et divisée, se durcit alors, et reste dans l'eau sous forme de rubans étroits. Cette opération dite *grélage,* rend la cire propre au blanchiment, en lui faisant présenter une large surface.

Les rubans de cire sont ensuite placés sur de grands châssis de toile, de 100 mètres carrés environ, que l'on pose en plein air, à $0^{m},65$ du sol, de façon à ce que le produit puisse être alternativement exposé aux rayons solaires, et à la rosée des nuits. Après huit à dix jours d'exposition, en ayant soin de remuer de temps à autre les rubans, les bonnes cires sont déjà notablement blanchies. On recueille la cire, la met en sac, et la garde en magasin pendant quarante jours environ. La masse se tasse, se durcit, fermente (disent les ciriers) ; elle est prête à subir une nouvelle fusion, et un second grélage. Il faut renouveler ces opérations, jusqu'à ce que l'on obtienne un blanc convenable ; par les temps humides, cette décoloration est souvent difficile à obtenir.

Le blanchiment modifie légèrement les propriétés de la cire, il la rend sèche et cassante. L'analyse chimique a montré que cette opération lui fait perdre du carbone et gagner de l'oxygène (Lewy) ; pour lui donner du liant, on a l'habitude d'y ajouter, lors de la fusion, 5 0/0 de suif. Pour donner au produit sa forme commerciale habituelle, on le coule, au moyen de burettes nommées *écoulons,* sur des planchettes mouillées, dans lesquelles on a découpé des rondelles de 10 centimètres de diamètre, sur une épaisseur de 12 millimètres. La *cire vierge* a toujours la forme de disques plats.

On a essayé bien des fois de blanchir plus rapidement la cire ; l'emploi du chlore ou des hyperchlorites, qui réussit si bien pour les tissus, n'est pas ici applicable. Il altère la cire, et la rend cassante ; mais, comme de plus, il y a toujours un peu de chlore de fixé, lorsqu'on emploie pour l'éclairage la cire ainsi blanchie, il se forme, par la combustion, des vapeurs d'acide chlorhydrique, qu'il est impossible de tolérer dans les appartements. M. Rolly est arrivé à blanchir assez vite, sans que son procédé se soit cependant généralisé, en chauffant la cire avec deux parties d'acide sulfurique étendu, additionné d'une trace d'azotate de soude. La faible quantité d'acide azotique qui se dégage, suffit pour blanchir la cire, mais elle l'altère aussi, bien que très légèrement.

Les cires les plus recherchées pour le blanchiment, après celles du Levant, qui sont rares, sont celles d'Asie, de Hambourg, de Turquie, d'Ukraine, de Valachie, d'Anatolie, du midi de la France, des Landes, de l'Angoumois et de la Bretagne. On obtient des deuxième et troisième blancs, avec celles de Normandie, Pologne, Hongrie, Afrique, Transylvanie et Etats-Unis du nord. Celles de Bourgogne, du Gatinais, de la Gironde, de Dantzick, de Kœnigsberg, de Cuba, de St-Domingue, du Gabon, du Sénégal, et surtout du Brésil, ne sont guère raffinées, parce qu'on n'arrive pas à les blanchir suffisamment.

Falsifications. La cire, en vertu de son prix assez élevé (4 francs la cire jaune, et 6 francs le kilogramme, la cire vierge), est l'objet d'un très grand nombre de falsifications. On y a signalé : 1° la présence de l'eau ; 2° celle de matières minérales (carbonate de chaux, os calcinés, gypse, kaolin, sulfate de baryte ; fleur de soufre, ocre jaune) ; 3° celle de matières organiques (fécule, amidon, farine ; curcuma, sciure de bois jaunes) ; 4° l'addition de matières résineuses (galipot, poix de Bourgogne) ; 5° le mélange avec des corps gras (suif, acide stéarique, stéarine) ; 6° la présence de cires minérales, ou de paraffine ; enfin 7° la présence de cires végétales.

Nous allons indiquer comment on peut distinguer ces différentes fraudes :

1° Pour connaître la proportion d'*eau* ajoutée, il suffit de fondre à l'étuve à eau, un poids donné de cire, et après dessiccation, de voir la perte de poids ;

2° Pour retrouver les *matières minérales*, on chauffe un poids connu de cire avec un excès d'eau distillée, puis on agite pour faire tomber les matières minérales au fond du vase ; on laisse refroidir et on prend le poids de la cire ou celui du résidu. On peut encore dissoudre la cire dans l'essence de térébenthine et filtrer sur un filtre taré, qui donnera le poids des substances étrangères séparées de la cire.

(*a*) **Cires blanches.** Pour connaître la nature de ce résidu, on traitera par l'acide chlorhydrique à chaud. S'il y a effervescence vive, c'est du *carbonate de calcium;* si celle-ci est longue et régulière, il y aura eu mélange avec les *os calcinés*. Le carbonate a été détruit dans les deux cas, l'acide carbonique se dégage. On recherchera la chaux dans la liqueur, au moyen des précipités fournis par les sulfates solubles, l'oxalate d'ammoniaque ; puis on constatera la présence de l'acide phosphorique, dans le second cas, par suite du précipité blanc gélatineux qui se formera en présence de l'ammoniaque. S'il n'y a pas eu d'effervescence, mais dissolution du résidu, c'est qu'il y avait du *gypse ;* la liqueur donnera encore les caractères de la chaux, et on retrouvera les sulfates, par le précipité blanc que ces sels donnent avec le chlorure de baryum. Si l'acide chlorhydrique n'a pas attaqué le dépôt isolé de la cire, ce résidu pourra être constitué par du kaolin, ou du sulfate de baryte. On en fait deux parts ; on mêle l'une d'elles avec du charbon et un peu d'huile, et l'on chauffe fortement dans un creuset. Si le résidu, traité par l'acide chlorhydrique, dégage de l'hydrogène sulfuré, c'est que l'on a décomposé le sulfure formé aux dépens du *sulfate de baryte*. La seconde portion du résidu sera fondue (dans le cas où la première opération n'aura pas donné de résultat), avec du carbonate de soude desséché ; et le produit refroidi sera repris par l'eau. Le silicate d'alumine qui constitue le kaolin étant devenu soluble par sa fusion, en reprenant le résidu par l'eau, on recherchera l'alumine. La liqueur devra donner un précipité blanc d'hydrate d'alumine par la potasse, l'ammoniaque, le carbonate de soude.

(*b*) **Cires jaunes.** Le dépôt sec sera jeté sur une plaque de tôle chauffée. S'il se dégage des vapeurs sulfureuses, ce sera la preuve de la présence du *soufre*. On vérifiera le fait en chauffant un peu du dépôt avec une solution étendue de soude. Il se forme du monosulfure de sodium, qui dégage de l'hydrogène sulfuré avec les acides. Si ces réactions ne se produisent pas, on traite la poudre jaune par l'acide chlorhydrique et on étend d'eau. Si l'on a affaire à une cire frelatée par l'*ocre jaune*, la liqueur prend une teinte bleue, par l'addition de cyanure jaune. On a signalé des cires qui en contenaient 17 0/0.

3° La recherche des *matières organiques* doit également s'effectuer sur les deux sortes de cires.

(*a*) Les cires blanches sont surtout falsifiées par les *produits amylacés*. Cette addition les rend ternes, moins onctueuses et moins liées ; elles sont devenues très cassantes. Pour retrouver l'amidon, la fécule, ou la farine que l'on a pu mêler à la cire, on dissout celle-ci dans l'essence de térébenthine, on filtre et pèse le résidu. On peut encore faire bouillir le produit suspect avec de l'eau, agiter, puis décanter le liquide après refroidissement. Avec le premier procédé, le microscope indiquera facilement la présence des grains amylacés ; avec le second, l'empois qui se sera formé, pourra, soit être traité par l'eau iodée qui formera de l'iodure bleu d'amidon ; soit chauffé avec 2 0/0 d'acide sulfurique étendu, qui transformera l'amidon en dextrine, puis en glucose, facile à reconnaître par la réduction, à l'ébullition, de la liqueur cupro-potassique. On a trouvé jusqu'à 60 0/0 de fécule (Bonnard et Thieullan) dans la cire blanche, et 50 0/0 dans les cires jaunes.

(*b*) Ces dernières sont plus souvent falsifiées par des produits eux-mêmes colorés en jaune ; telle est la poudre de *curcuma*. Cette adultération se reconnaît par l'ébullition avec l'eau ou l'alcool. Le liquide se colore fortement en jaune, et vire au rouge-brun par l'addition des alcalis. On a encore signalé la présence de *sciure de bois jaunes*. Dans l'épreuve précédente, cette matière se sera séparée, et aura gagné le fond du vase ; l'examen microscopique y fera retrouver les fibres ligneuses qui constituent le bois.

4° Les *résines* que l'on ajoute à la cire jaune sont faciles à mélanger par fusion ; mais, si leur couleur se rapproche de celle du produit normal, elles donnent à celui-ci une certaine odeur, et le font adhérer aux doigts par la malaxation. Pour rechercher la *poix jaune*, on divise la cire en très petits fragments, et agite avec de l'alcool à 86° ; après quelque temps la résine seule se trouvera dissoute. On décante le liquide, et on en évapore la moitié, pour connaître le poids du résidu fixe ; on ajoutera de l'eau dans la seconde partie, celle-ci amènera la précipitation de la résine. On a signalé aussi ce fait, que la cire pure est moins dense que l'ammoniaque marquant 22° Baumé, tandis que celle qui contient des résines s'enfonce dans ce liquide. La *colophane* se rencontre souvent dans les cires d'Amérique, où l'on en a trouvé jusqu'à 40 0/0. Cette matière modifie la teinte de la cire, et, si on chauffe à 110° centigrades, amène un dégagement d'odeur de térébenthine. — Donath conseille d'agir de la manière suivante : on traite dans un tube à essais, pendant un quart d'heure, 2 à 3 grammes de cire, par l'acide azotique concentré et bouillant. On verse alors sur la cire fondue un peu d'eau froide ; la cire étant solide, on en retire aussitôt le liquide inférieur. Si la cire contenait de la colophane (qui se dissout dans l'acide azotique, et dégage de l'acide hypoazotique), le liquide décanté, additionné d'eau, laisse déposer des flocons jaunâtres, que l'ammoniaque colore en rouge brun.

5° A cause du prix relativement très inférieur des *corps gras*, on mêle souvent frauduleusement quelques-uns de ces produits à la cire. Nous avons vu cependant, que pour la cire vierge, on ajoute presque toujours un peu de suif à cette dernière, pour lui redonner le liant que le blanchiment lui a fait perdre.

Les cires ainsi falsifiées ont l'odeur du produit

ajouté, sont onctueuses, assez élastiques; elles dégagent beaucoup de fumées sur les charbons. Le *suif* se reconnaît de diverses manières. On peut, le suif fondant plus tôt que la cire, constater la fraude, en prenant le point de fusion de la cire suspecte; mais, d'après Lepage, de Gisors, ce procédé n'a de valeur qu'autant qu'il y a au moins 1/8 de suif. Les chiffres suivants donnent ces points de fusion :

	Cire jaune	Cire blanche
Cire pure	64°	69 à 70°
— avec son poids de suif. .	59 à 60	64
— avec 1/3 — — . .	60	65
— avec 1/4 — — . .	61	66
— avec 1/6 — — . .	62	67
— avec 1/8 — — . .	63	68

M. Hardy a proposé également une méthode analogue. Elle est basée sur ce fait, que la cire pure reste en suspension dans l'alcool à 29° centigrades, et le suif, dans de l'alcool à 71°,8 centigrades. Dès lors, s'il y a 25 0/0 de suif, il faut amener l'alcool à marquer 39°,63; avec 50 0/0 de suif, il faut amener l'alcool à 50°,25; et avec 75 0/0 de suif, il faut de l'alcool à 60°,87, pour que l'échantillon reste en suspension.

Nous avons déjà signalé que la distillation permet de reconnaître aussi ce produit, parce qu'il y a formation d'acroléine et d'acide sébacique avec le suif. La première irrite la gorge et les yeux; le second fournit un précipité par le sous-acétate de plomb, ce que ne fait pas le produit de la distillation de la cire. Gottlieb (*Chimie technologique de Bolley*, article *Matières éclairantes)*, propose un autre moyen. On fait bouillir pendant trente minutes, 15 grammes de cire avec 100 grammes de potasse liquide à 1.20 de densité. On agite vivement ; il se forme une masse savonneuse, que l'on fait bouillir une heure, puis on décompose à froid par l'acide sulfurique dilué. On chauffe à nouveau jusqu'à ce que la couche supérieure d'acides gras se soit éclaircie; on laisse alors refroidir, puis on enlève la partie solide, que l'on fond au bain-marie avec un excès de litharge pulvérisée. Il se fait un savon de plomb, que l'on agite pendant trois heures avec de l'éther, dans un flacon à l'émeri. L'éther dissout l'oléate de plomb formé, et en faisant arriver de l'hydrogène sulfuré dans la liqueur, il se produit une teinte brune, d'autant plus foncée, qu'il y a plus de sulfure formé, et par conséquent d'oléate du suif. — Donath saponifie 25 grammes de la cire suspecte, par l'ébullition avec une même solution de potasse, décompose par l'acide sulfurique étendu, et sépare les corps gras par filtration. Il neutralise ensuite par le carbonate de soude, filtre à nouveau, et évapore au bain-marie au-dessous de 100°. On reprend par l'alcool absolu et évapore à 80°. Ce résidu, à peu près incolore, se teintera en bleu azuré, par une goutte de solution de sulfate de cuivre additionnée d'un peu de potasse, à cause de la glycérine qu'il renferme; celle-ci ayant la propriété de dissoudre, en présence de la potasse, de notables quantités d'hydrates de cuivre ou de fer. L'existence du cuivre ou du fer pourra d'ailleurs être confirmée par le prussiate jaune.

Pour retrouver l'*acide stéarique*, on fond la cire dans 20 fois son poids d'alcool bouillant, et on chauffe quarante-cinq minutes. Au bout de ce temps, on abandonne plusieurs heures au repos, on filtre et étend d'eau. L'acide resté en solution se sépare alors, et fait, suivant sa plus ou moins grande quantité, un précipité net, ou un trouble laiteux (Donath). La liqueur filtrée précipite par le sous-acétate de plomb, ce qui n'a pas lieu si l'on a mis seulement du suif. — On peut encore chauffer la cire avec de l'eau de chaux. Si le produit est pur, le liquide reste transparent, mais se trouble dans le cas contraire (Ch. Regnard) ; et en même temps, la chaux se sature au point de ne plus être alcaline au tournesol ; il se précipite du stéarate de chaux en poudre. On peut, avec une eau de chaux d'un titre connu, savoir par le poids du stéarate formé, la quantité de chaux qui sature un poids déterminé d'acide stéarique et opérer dès lors le dosage.—La cire contenant de l'acide stéarique, traitée par 20 fois son poids d'alcool bouillant, donne une liqueur qui, filtrée après refroidissement, se trouble à peine par addition d'eau, avec la cire pure, et dépose des flocons abondants, avec 1/100e d'acide stéarique (Fehling). Nous remarquerons que la résine et le suif, produisent également le même effet.

Pour rechercher la *stéarine*, on fond 1 partie de cire dans 2 parties d'huile. On agite ensuite avec un égal poids d'eau, puis on additionne de quelques gouttes de sous-acétate de plomb. Il y a formation de stéarate de plomb très ferme et grenu. On peut ainsi indiquer 1/20e de stéarine (Lebel).

6° Les *cires minérales* sont assez difficiles à reconnaître, lorsqu'on les mélange à la cire. Landolt, en 1861 (*Journal de Dingler*, CLX, page 224), a proposé, pour indiquer la *paraffine*, l'emploi de l'acide sulfurique fumant, qui charbonne la cire, sans altérer le carbure. On met la cire et l'acide dans une capsule de porcelaine, et on chauffe. D'après l'auteur, les *cires minérales* étant inattaquables également, pour retrouver le quantité de matière ajoutée, il n'y a qu'à laver le résidu, le sécher et en prendre le poids. Mais, d'après Breitewlohner (*Journal de Dingler*, 1864, CLXXI, page 59), ce résultat est incertain, car la paraffine et les cires minérales sont attaquées par l'acide, et même, d'après Donath, cela dépend uniquement de la température, car à 100°, il y a abondante formation d'acide sulfureux (*Moniteur scientifique*, 1873). Pour éviter cette altération, on ajoute dans la capsule, de l'alcool amylique, qui affaiblit la réaction, en formant de l'acide sulfamylique (Liès-Bodart). On a trouvé en France jusqu'à 20 0/0 de paraffine dans des échantillons de cire, et Hell, en a trouvé à New-York, 60 0/0 dans des cires d'Amérique.

On a également proposé de reconnaître cette fraude par l'examen de la densité du corps suspect. La cire ayant une densité de 0,762 à 0,969, et les carbures, ainsi que la paraffine, une densité moindre, le mélange peut être indiqué approximativement, quant aux proportions, Wagner a donné les chiffres suivants, pour ces densités :

Paraffine pure	0.871
— avec 25 0/0 de cire	0.893
— avec 50 0/0 —	0.920
— avec 75 0/0 —	0.942
— avec 80 0/0 —	0.948
Cire pure	0.969

7° Les *cires végétales* sont, à cause de leur prix inférieur, et de leurs qualités, très fréquemment mélangées avec la cire d'abeille. Pour les retrouver dans un échantillon suspect, on commence d'abord par constater l'absence du suif, de la stéarine et de l'acide stéarique, puis on prélève 1 gramme de cire, et le dissout dans 10 grammes d'éther rectifié; on agite. La liqueur, trouble d'abord, s'éclaircit après quelque temps; on la filtre sur un filtre pesé. On doit retrouver la moitié du poids primitif; soit 0 gr. 50, si la cire était pure; si au contraire, il y a eu addition de cire végétale, comme celle-ci cède 95 0/0 de son poids à l'éther, toute perte de poids supérieure à 0 gr. 50 indiquerait une falsification avec la cire végétale (Robineau). Mène a également proposé de reconnaître cette fraude, par la constatation de la densité du produit : les cires végétales ayant une pesanteur spécifique supérieure à 1, alors que celle de la cire est de 0,969; mais les tables qu'il a dressées, ne paraissent pas pouvoir permettre d'employer ce procédé; elles nous semblent en contradiction absolue avec le principe même de la méthode.

Usages. La cire jaune sert à frotter les parquets et les meubles, à préparer l'encaustique, à fabriquer la cire à sceller, certains mastics; elle entre dans la confection des crayons lithographiques, et dans quelques préparations officinales, comme les emplâtres, onguents, cérats jaunes, bougies, sondes, etc.

La cire blanche a un emploi bien plus considérable, car elle est la base obligée des cierges lithurgiques; elle sert également à préparer les bougies de luxe. Lorsqu'elle est pure, elle a, en effet, l'avantage de ne pas répandre de fumée en brûlant. Elle formait la matière première de la peinture à la cire. En plastique, on l'emploie pour faire des figures de cire, et les célèbres musées Tissot, de Londres, et Grevin, de Paris, montrent quels résultats on peut obtenir par l'emploi de cette matière, que Talrich, de Paris, a depuis longtemps utilisée pour reproduire des pièces anatomo-pathologiques. La cire blanche entre encore dans la confection de certaines préparations adoucissantes, le cérat de Galien, le cold-cream, etc.

Cire des mélipones. Les *mélipones* sont des insectes hyménoptères, de la famille des mellifères, qui diffèrent du genre Apis, par l'absence d'aiguillon. On en connaît diverses espèces qui habitent le Mexique, la Guyane, le Brésil, où on les désigne sous les noms de *alejas, urussus*, etc. Plusieurs espèces sont passées à l'état domestique, comme la *Mélipone scutellaire (melipona scutellaris)*, la *Mélipone géniculée (melipona geniculata)*, les *Trigona flaveola* et *fulvipes*. Ces insectes produisent une cire que l'on désigne dans le commerce sous le nom de *cire des Andaquies*. Elle est souvent assez colorée, cependant on a exposé à Rio-Janeiro, des échantillons totalement blancs.

La cire des Andaquies s'obtient par expression et fusion, comme celle de l'abeille; elle contient d'après Lewy (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, XX, p. 39) 45 0/0 de cérosie, 50 0/0 de céroxyline, et 5 0/0 de matières huileuses.

Signalons encore parmi les hyménoptères ciriers, les bourdons, et notamment le *Bourdon des pierres (bombus lapidarius)*, mais qui ne fournit pas assez de cire pour qu'il y ait intérêt à récolter ce produit.

Cire de Chine. Il arrive de Chine une cire animale, que l'on sait aujourd'hui être fournie, d'après les travaux de MM. G. Stauton et Stanislas Julien, par un insecte de la famille des Coccides, de l'ordre des hémiptères, le *Coccus sinensis* (Westwood). Cette cire porte en Chine le nom de *pe-la*. Elle a pour formule $C^{108}H^{108}O^4$ et, d'après Brodie, c'est un cérotate de céryle; elle est blanche, sa cassure offre des lamelles cristallines; est peu soluble dans l'alcool, et a un pouvoir éclairant très grand, qui la faisait, dès le XIII^e^ siècle, rechercher pour la fabrication des bougies. Elle est très estimée, et vient par Canton et Schang-haï.

Cire à cacheter. Syn.: *cire d'Espagne*. Matière résineuse, d'invention indienne, que l'on importa d'abord à Venise, et qui de là, passa en Portugal, puis en Espagne, où l'on en fit un grand commerce. Elle s'est généralisée en France, sous le règne de Louis XIII, et est employée pour sceller les papiers, ou préserver les substances altérables du contact de l'air.

Nous donnons ci-contre la composition de quelques-unes de ces cires :

	Très fine	Fine d'Espagne	Ordinaire	Cire à bouteilles
Résine laque en écailles	48	250	500	»
Térébenthine de Venise	12	100	»	suif 50
Baume du Pérou	1	»	»	»
Vermillon	36	125	4	ocre 50
Colophane	»	500	45	— 500
Alcool	»	60	»	»
Benjoin	»	»	15	»
Poix de Bourgogne	»	»	»	— 250

On fond ensemble les matières résineuses et aromatiques, et on y incorpore, en agitant bien, la matière colorante, qui peut d'ailleurs varier suivant les goûts (noir de fumée, oxychlorure de plomb, ocre rouge, bleu d'outremer, vert de gris); puis on coule dans des moules de ferblanc huilés. Les cires fines sont, en outre, passées une fois dans la flamme d'une lampe à alcool, pour leur donner du lustre.

CIRES FOSSILES

On connaît sous ce nom des produits naturels, et un produit artificiel, résultat de la purification des premiers.

Parmi les produits naturels nous citerons :

La **Cire de Moldavie**. Syn.: *ozokérite, paraffine artificielle*. Comme composition chimique,

c'est un mélange d'hydrocarbures, correspondant à la formule générale $C^{2n}H^{2n}$.

Parmi les espèces voisines, il faut citer : 1° l'*urpéthite;* 2° la *schéerérite*; 3° la *zietrisikite*.

Toutes ces matières servent à préparer un produit artificiel qui est connu sous le nom de *cérésine*. Cette matière a l'aspect et la cassure de la cire vierge, elle fond à 90°,50, puis se sublime au delà. Elle est soluble dans l'éther, le chloroforme, le sulfure de carbone, qui la déposent en flocons blancs; mais elle est presque insoluble dans l'alcool. L'acide sulfurique concentré et chaud, la colore en rouge-rubis, puis la charbonne, en dégageant de l'acide sulfureux. Elle n'est pas saponifiable par les alcalis.

Pour la préparer, on distille les cires fossiles à 250°-300°, pour enlever les carbures liquides, puis on traite le résidu par 10 à 20 0/0 d'acide de Nordhausen, à la température de 60°. On porte ensuite à 100°, pour séparer le charbon qui se dépose, on lave à l'acide faible, puis neutralise. On introduit alors la masse épaisse et visqueuse dans des sacs, on porte à une température de 180° et on exprime à la presse hydraulique pour enlever la matière grasse. Le résidu est enfin fondu et blanchi.

Usages. La cérésine sert à fabriquer des bougies transparentes, comme celles de paraffine. On l'emploie également comme succédané des acides gras; dans la préparation de quelques pommades; pour falsifier la cire.

Cire punique. On nomme ainsi une sorte de savon de cire, fait avec 20 parties de cire et 1 partie de soude, et que les peintres du moyen âge et de la Renaissance, employaient pour faire la peinture à l'encaustique.

Cire à sceller. Matière plastique qui s'applique à froid sur papiers, tissus, ou bois, lorsqu'on veut les recouvrir d'un cachet. Pour s'en servir, on la ramollit en la malaxant entre les doigts, et on y applique fortement un cachet, après avoir posé la masse sur l'endroit où doit se faire le scellement.

Elle a comme composition la formule suivante : cire 4 parties, térébenthine 1 partie et vermillon Q. S., pour donner une teinte convenable.

Cire transparente. On donne ce nom, dans l'industrie, à la substance qui sert à confectionner les bougies de luxe colorées et transparentes. Elles sont faites avec un mélange de 96 parties de blanc de baleine, 3 parties de cire blanche, et 1 partie de couleur broyée à l'huile.

CIRES VÉGÉTALES

Les végétaux produisent dans presque toutes les parties de leur organisme, des matières cireuses, qui sont la plupart du temps destinées à les préserver de l'humidité; nous pourrions citer un grand nombre d'exemples, tels que la cire qui recouvre les feuilles, dans l'eucalyptus; celle des fruits, comme dans la drupe du prunier, ou la capsule du pavot; celle qui suinte de la tige de la canne à sucre violette; ou celle qui imprègne l'écorce du chêne-liège. Mais ces dépôts, que M. de Bary a montré être, ou cristallisés, ou en

Tableau des propriétés principales des cires.

Espèces de cires et origine	Lieu de provenance	Origine	Point de fusion	Densité	Composition centésimale d'après Lewy (1844) C	H	O	Caractères principaux
1° Cires animales.								
Cire d'Abeilles (cire jaune) (*Apis mellifica*). Insecte hyménoptère.	Varie avec les espèces.	Sécrétion.	62 à 64°	0.975	80.20	13.15	6.36	Blanc-jaunâtre, friable, insoluble dans l'alcool.
— (cire blanche)	do	Glandulaire.	65 à 69°	0.969	79.20	13.44	7.65	Jaune-verdâtre, dure, cassante, soluble dans l'alcool.
— de Melipone (*Melipona scutellaris*). Insecte hyménoptère.	Mexique, Guyane, Brésil	do	77°	0.917	81.65	13.61	4 74	Blanchâtre, soluble dans l'alcool bouillant.
— de Chine (*Coccus sinensis*). Insecte hémiptère.	Chine.	do	83°	»	80.66	13.30	6 04	Jaune-verdâtre, soluble dans l'alcool froid.
2° Cires végétales.								
Cire de Palmier (*Ceroxilon audicola, C. klopstokia, C. australe*), Palm.	Pérou, Vénézuéla.	Feuilles, tiges	72°	»	80.48	13.29	6 23	Noirâtre, intérieur rose, soluble dans l'alcool chaud.
— de Carnauba (*Copernica cerifera*).	Brésil.	Feuilles	83°,5	»	80 36	13.07	6 57	Blanc-jaunâtre, à efflorescence blanche, sol. dans l'alc. chaud.
— de Canne (*Saccharum officinale*). Graminées ($C^{48}H^{48}O^{2}$).	Amériques tropicales.	Tiges.	82°	»	81 40	14.10	4.50	— quelquefois rougeâtre, soluble dans l'alcool chaud.
— de Myrica (*Myrica cerifera, Myrica cordifolia*). Myricées	Louisiane, Cap.	Fruits.	47.5 à 49.5	1.005	74.23	12 07	13.70	Blanc-jaunâtre, soluble dans l'alcool chaud.
— de Sumatra (*Ficus cerifera*). Morées.	Sumatra.	Feuilles.	75°	»	»	»	»	Toucher gras, malléable, brun-verdâtre, soluble dans l'éther.
— du Japon (*Myristica sebifera*). Myristicées.	Japon.	Fruits.	45 à 50°	1 002	»	»	»	Distille à 92°, cristallisée, soluble dans l'éther et dans l'alcool.
— d'Ocuba (*Myristica oculba*). Myristicées	Para, Guyane française.	Semences.	36°,5	»	73 90	11.40	14 70	
— de Bicuiba (*Myristica bicuiba*). Myristicées.		—	35°		74.38	11.12	14.50	Blanc-jaunâtre, soluble dans l'alcool chaud.
3° Cires fossiles.								
Ozokérite ou paraffine artificielle	Moldavie, Galicie, Texas	Amas souterrains.	56 à 63°	0.850 à 0.900	84.75	15.25	»	Peu soluble dans l'éther.
Schéerérite.	Usnach (Suisse).	do	44°	»	»	»	»	
Urpéthite.	Rare.	do	39°	»	»	»	»	
Zietrisikite	Rare.	do	83 à 90°	0.990 à 0.995	»	»	»	
Cérésine.	»	Artificielle.	90°,5	0.90	»	»	»	

bâtonnets, ou encore en granulations à une ou plusieurs couches, ne sont pas assez abondants pour devenir industriels. Les cires végétales que l'on trouve dans le commerce existent en proportions notables dans quelques fruits, ou sur certaines feuilles de plantes particulières; ce sont celles-là, qui seules, offrent de l'intérêt. Elles proviennent de végétaux, appartenant à la famille des palmiers, à celle des graminées, des morées, des myricées, etc.

Caractères. Les cires végétales sont en général de couleur jaune-verdâtre, quelques-unes sont d'un brun plus ou moins foncé, et, par exception, il y en a de blanchâtres, même avant l'épuration. Elles sont cassantes, écailleuses, et deviennent luisantes par le frottement. Leur point de fusion est peu élevé parfois : celle d'Ocuba fond à 35° ; dans certains cas, au contraire, il est plus grand que celui de la cire d'abeilles, ainsi la cire de Carnauba ne fond qu'à 83°. Leur densité est, en général, assez voisine de celle de l'eau (1,002).

Elles sont insolubles dans l'eau, peu solubles dans l'alcool, solubles dans l'éther, les essences. Elles brûlent moins bien que les cires animales.

Composition. Quoique toutes renferment du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, leur constitution chimique est très variable. Ainsi la cire du myrica est formée par de l'acide palmitique libre, et de la palmitine ; la cire du Japon, est une tripalmitine ; celle de carnauba, renferme de l'acide cérotique libre, et un éther ; la cire de palmier de la céroxyline, avec certains autres produits, etc.

Variétés commerciales. Les principales cires végétales, sont les suivantes : les *cires de Palmier, ou Céroxyle, de Carnauba, de Canne ou Cérosie, du Myrica, de Sumatra, du Japon, d'Ocuba* et *de Bicuiba.* Nous en donnons les principaux caractères dans le tableau de la page 449.

Usages. Les cires végétales, dans les pays de production, servent à faire des bougies communes. En Europe, après blanchiment, elles se mélangent à la cire d'abeille, mais elles sont trop cassantes pour servir seules. — J. C.

Cire (Ouvrages en). — V. Céroplastique.

* **CIREY.** En 1754, les bénédictins de Marmoutiers fondaient une verrerie dans leurs forêts du prieuré de Saint-Quirin, située entre Cirey et Sarrebourg. Hugues Drolenvaux obtint ces verreries à bail emphytéotique; en 1741, il fit venir des verriers de Bohême et y introduisit le soufflage des verres en cylindre. Il fut autorisé, en 1753, à donner à son établissement le nom de *Manufacture royale de cristaux et verres* tables. Ses affaires marchaient difficilement, lorsqu'il eut le bonheur de s'associer Pierre et Louis Mena, ainsi que Georges et Antoine de Guaita, chez lesquels la richesse et la probité s'unissaient étroitement. La Société ainsi constituée achetait la verrerie de Monthermé qu'avait fondée dans les Ardennes, Gilles Amaury, en 1745. La Compagnie de Saint-Quirin, forte de son titre et de ses capitaux, déclara alors qu'elle avait le droit de polir son verre et se mit à l'œuvre. Un long procès s'en suivit avec la Compagnie de Saint-Gobain et la Révolution arriva sans que les parties fussent mises d'accord. Quoique fortement constituée et bien conduite, la Société de Saint-Quirin traversa difficilement les mauvais jours de la Révolution. Pierre Mena était mort en 1786 et avait été remplacé, comme directeur, par Georges de Guaita; Auguste Desrousseaux avait dû prendre la direction de Monthermé par suite du départ, en 1789, de Louis Mena, son beau-père; pendant la Terreur, MM. de Guaita durent se retirer à Francfort, leur ville natale; le comte Rœderer, gendre de de Guaita était proscrit et un employé infidèle avait fait mettre Saint-Quirin sous sequestre. Cependant, malgré toutes ces difficultés, Auguste Desrousseaux sauva la situation, grâce à son habileté, à son courage et à son énergie.

La Révolution ayant aboli les privilèges, la Compagnie de Saint-Quirin monta le coulage des glaces.

Redevenue forte, elle faisait une concurrence gênante à la Compagnie de Saint-Gobain, aussi cette dernière chercha-t-elle à s'en faire une alliée. En 1830, les deux Compagnies consentirent, d'un commun accord, à vendre leurs glaces dans le même entrepôt. En 1855, Hely d'Oissel négocia la fusion des deux Sociétés : la Compagnie de Saint-Gobain apportait Chauny et Saint-Gobain.

La Compagnie nouvelle introduisit dans sa raison sociale le nom de Cirey, seul connu aujourd'hui, à côté de ceux de Saint-Gobain et Chauny et celui de Saint-Quirin fut laissé dans l'oubli.

CIRIER. *T, de mét.* Fabricant de cierges ou d'objets en cire.

CIRQUE. Lieu destiné, chez les Romains, à la célébration de certains jeux ou spectacles publics. Ce mot s'applique aujourd'hui à une enceinte circulaire et couverte où l'on exécute, pour l'amusement du public, des exercices d'équitation, des tours d'adresse et de force, etc.

* **CIRRHOGRAPHIQUE.** *T. de minér.* Nom d'une variété de fer oxydé, la *terre d'ombre,* qui fournit aux arts une couleur bistre.

CISAILLE. La cisaille est une machine outil d'un emploi très répandu, qui rend de grands services dans les ateliers de forges et de constructions. Il en existe un grand nombre de types, que chaque constructeur a appropriés à des besoins particuliers, depuis la modeste cisaille du ferblantier jusqu'aux cisailles à vapeur que l'on rencontre dans certaines forges, et qui permettent de couper à froid des tôles de fer d'une épaisseur souvent supérieure à 30 et 40 millimètres.

Les principaux types peuvent se diviser ainsi : 1° cisaille du ferblantier ; 2° cisaille à guillotine, dont le mouvement est produit par une manivelle et une transmission à vapeur ou hydraulique ; 3° cisaille circulaire.

Cisaille du ferblantier. Cette cisaille n'est autre qu'une grande paire de ciseaux ordinaires dont l'un des bras est fixé dans un poteau vertical en bois, planté dans le sol, et dont l'autre est mobile. Elle sert spécialement pour couper le ferblanc, le zinc et les tôles minces de fer et de cuivre ; l'emploi en est répandu dans les ateliers de petite chaudronnerie.

Cisaille à main, *commandée par un levier.* C'est une lame en acier trempé, mobile autour d'un axe, et actionnée par un levier articulé dont le point fixe est situé sur le bâti.

Une contre-lame, boulonnée à la partie inférieure du bâti, reçoit la tôle ou le fer à couper.

Lorsqu'on abaisse le levier, la lame supérieure tourne autour de son centre d'articulation et passe devant la lame inférieure en tranchant le métal.

Cisaille à guillotine. Ce type de cisaille, dont le nom indique suffisamment la forme, se rencontre fréquemment aujourd'hui dans les ateliers de construction : il permet, en effet, de couper suivant une ligne droite les tôles de toute épaisseur sur une longueur indéfinie pour ainsi dire, et la largeur de la bande à découper est seule limitée par l'espace laissé libre sous le bâti. Les constructeurs s'attachent, par suite, à dégager ce bâti autant que possible, ce qui donne en même temps un peu plus de liberté pour couper obliquement ; mais ils ne peuvent guère dépasser certaines limites sans compromettre la solidité de la machine. Celle-ci, en service se trouve soumise brusquement à des efforts considérables intéressant tous les organes, et le bâti ne pourrait y résister s'il n'était établi d'une manière robuste et bien rigide.

Le couteau de ces machines est animé d'un mouvement de va-et-vient dans le sens vertical, qui le rapproche ou l'écarte de la contre-lame boulonnée sur la partie antérieure du bâti. Le porte-outil

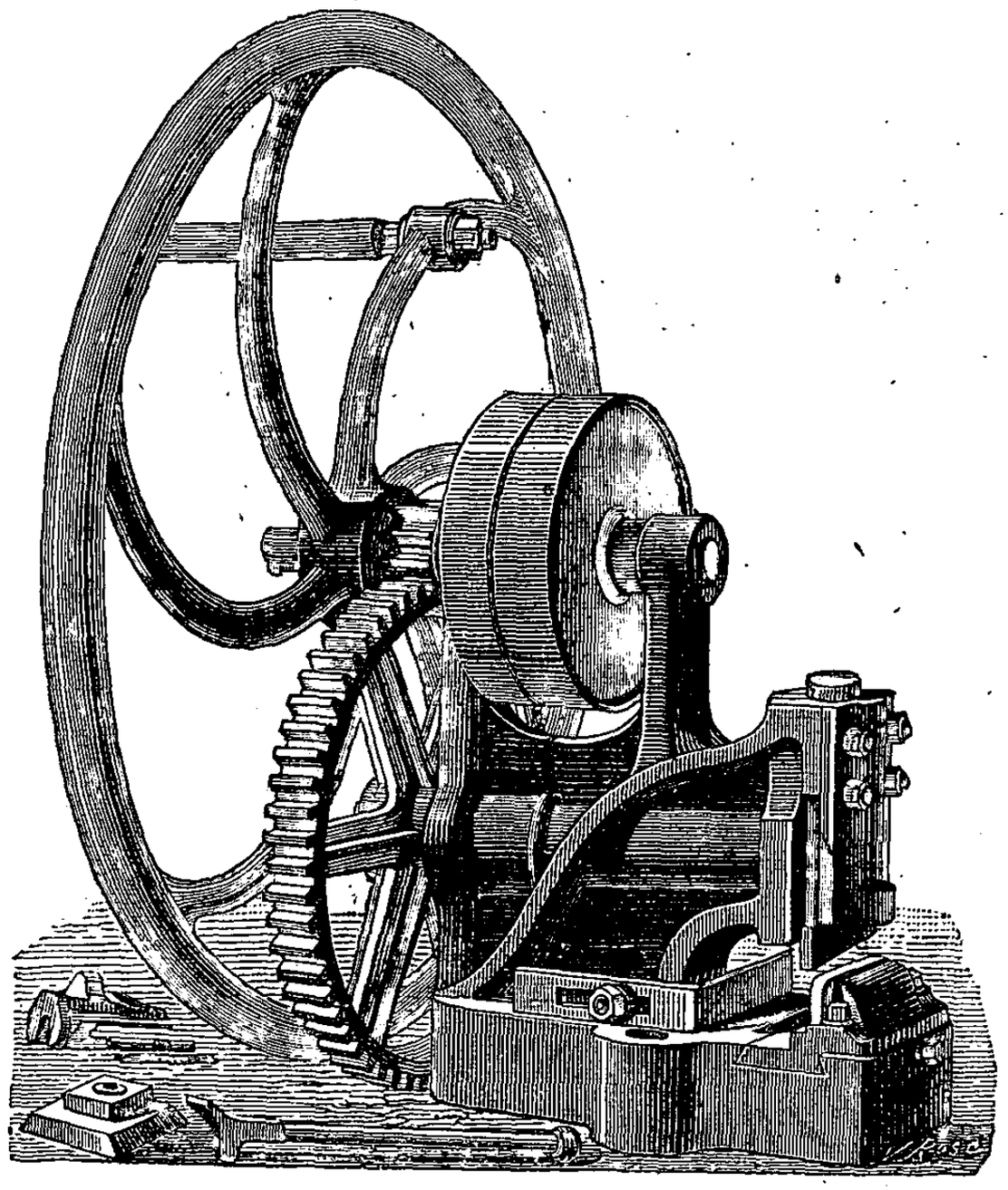


Fig. 278. — *Cisaille à guillotine.*

glisse dans une rainure en queue d'hironde, pratiquée sur le bec supérieur, et il est maintenu à l'avant par une plaque boulonnée.

Pour la transmission du mouvement, l'arbre principal porte à son extrémité une partie excentrée formant manivelle ; sur celle-ci est montée une sorte de bielle se mouvant dans une cage, pratiquée sur le porte-lame, et dont l'extrémité libre glisse dans une rainure du porte-outil. Dans les types de machines où cet organe est rattaché directement au bouton de manivelle, l'outil conserve un mouvement toujours solidaire de celui de l'arbre, il s'élève ou s'abaisse à chaque tour sans qu'on puisse interrompre le fonctionnement de la machine. Il arrive fréquemment, au contraire, que le porte-outil est indépendant de l'arbre et il peut être embrayé, à volonté, au moyen d'un taquet disposé extérieurement. Celui-ci commande un talon sur lequel vient s'appuyer la bielle de pression pour assurer le mouvement descendant. L'outil est relevé ensuite automatiquement sous l'action du contrepoids disposé à cet effet sur le levier supérieur.

Le tranchant de la barre mobile est toujours incliné par rapport à la contre-lame, ce qui permet d'engager progressivement la pièce à couper, et diminue ainsi dans une certaine mesure l'effort de cisaillement. Dans la plupart des cas, l'outil est perpendiculaire à l'arbre moteur, mais quelquefois il est situé dans un plan vertical, incliné sur celui-ci. Cette disposition permet de cisailler les tôles sous certains angles, sans avoir trop de manœuvre à faire, et sans être trop gêné par le bâti. On arrive ainsi à diminuer l'évidement et on

peut assurer la solidité du bâti sans lui donner des dimensions exagérées.

Nous avons représenté sur les figures 278 et 279 deux types de cisailles : l'une (fig. 278) peut être manœuvrée à la main, et elle peut découper des tôles de 0m,008 à 0m,012 d'épaisseur. Celle de la figure 279 est actionnée, comme on le voit, au moyen d'une transmission par courroie, d'engrenages et de roues dentées. Ces différents types de cisailles peuvent servir également de poinçonneuses, en remplaçant simplement la lame mobile par un poinçon : on peut arriver ainsi à percer avec la machine, représentée figure 278, un trou de 0m,018 de diamètre sur une tôle de 0m,012 d'épaisseur, et avec celle de la figure 279 on pourrait aller jusqu'à 0m,040 de diamètre avec des tôles de 0m,030 d'épaisseur.

Cette disposition, qui est plus économique, se rencontre fréquemment dans les petits ateliers qui ne pourraient pas occuper deux machines à la fois ; du reste, on prépare aussi beaucoup de types de machines pouvant actionner les deux outils : une

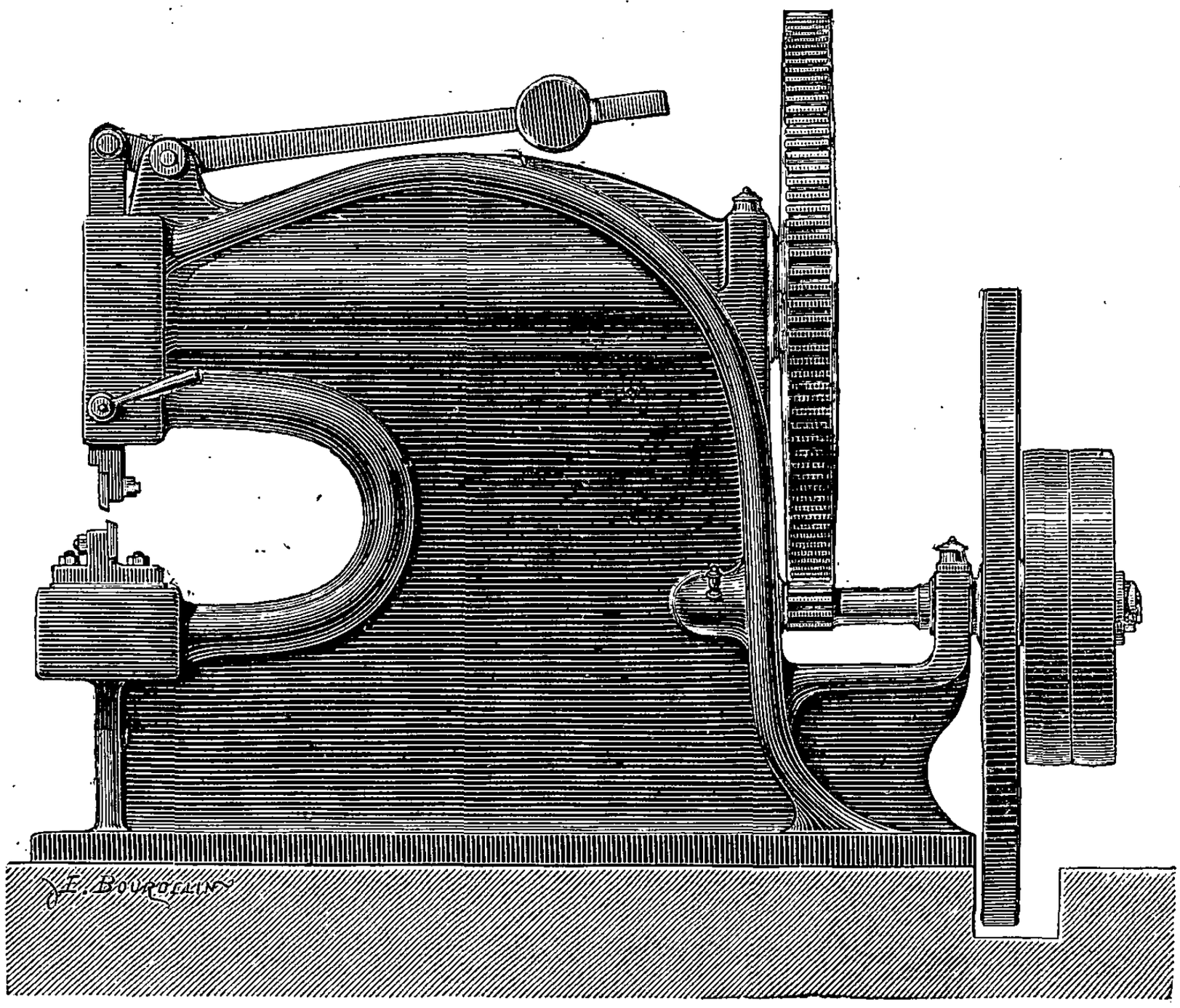


Fig. 279. — *Cisaille actionnée mécaniquement.*

cisaille d'un côté, et une poinçonneuse de l'autre. Quelquefois aussi on dispose une cisaille pour tôles et une autre pour cornières sur la même machine. Nous en avons représenté, d'ailleurs, un exemple dans l'article CHAUDRONNERIE (*Cisaille hydraulique*).

On construit actuellement, pour le découpage des grandes tôles, des cisailles de fortes dimensions et dont la lame dépasse souvent 2 mètres de longueur. La disposition reste la même, seulement le porte-outil, en raison de son poids, n'est plus supporté par un arbre unique, mais il est commandé par deux arbres à mouvements parallèles. Ceux-ci portent, en effet, deux roues dentées d'égal diamètre engrenant avec un pignon commun, calé sur l'arbre moteur, et ils assurent ainsi un mouvement identique aux deux bielles de pression qui commandent la lame.

Une de ces cisailles de puissance moyenne peut couper des tôles ayant seulement 6 millimètres d'épaisseur avec une longueur de lame de 1m,40. On en rencontre, d'ailleurs, des types beaucoup plus puissants coupant des tôles de 10 millimètres avec une longueur de lame supérieure à 2 mètres. Les ateliers de Neustadt en renferment un type, dû à M. Langenheim et construit par les ateliers de Borsig. Nous rappellerons également la cisaille hydraulique si intéressante à tous égards, installée par M. Barbier dans les ateliers de Biache Saint-Waast et dont nous avons parlé à l'article CHAUDRONNERIE.

Cisaille hydraulique. Dans ce type de machines, le mouvement de l'outil s'opère toujours dans les mêmes conditions que dans les types précédents, seulement l'effort moteur qui est fourni par l'eau sous pression peut être suspendu et

même réglé à volonté, pour ainsi dire, en agissant simplement sur le robinet de la conduite. La cisaille hydraulique est donc placée réellement dans la main de l'ouvrier qui peut s'en servir pour découper des pièces de formes rentrantes qu'il serait difficile d'obtenir avec des cisailles mues mécaniquement. Nous avons déjà insisté à l'article CHAUDRONNERIE sur les avantages de ces machines, et nous avons donné un type de cisaille double à guillotine, système Tweddell. Le seul inconvénient que présente ce type de cisaille, si avantageux à tous égards, est d'exiger l'emploi d'accumulateurs hydrauliques encombrants et dispendieux qu'on ne peut guère installer dans les petits ateliers.

Cisaille circulaire. Dans les cisailles de ce type, les lames tranchantes sont formées par deux disques circulaires maintenus avec un faible écartement et presque au contact dans le même plan. Ces disques sont animés d'un mouvement de rotation rapide et agissent comme des scies circulaires pour trancher la tôle interposée.

Ce type de cisaille présente, sur les autres que nous venons de décrire, l'avantage de donner des profils nets et réguliers qu'il serait à peu près impossible d'obtenir avec des cisailles à lame droite. Il trouve surtout son application dans la fabrication de certains fils de cuivre ou de laiton dont le lingot, au lieu d'être coulé d'abord en barres, est coulé en plaques, puis laminé en feuilles circulaires. Ces dernières sont ensuite découpées en un mince ruban continu au moyen d'une cisaille circulaire dont le plateau est animé lui-même d'un mouvement de rotation donné par la cisaille. On en rencontre un exemple intéressant dans les ateliers de MM. Laveissière, à St-Denis. Nous avons représenté à l'article CHAUDRONNERIE, une cisaille circulaire actionnée par courroie pour tôles de grande épaisseur atteignant jusqu'à 20 millimètres. Cet exemple est intéressant à signaler, car il montre qu'on peut arriver ainsi à découper les grosses tôles comme avec les cisailles à guillotine. Une petite machine de dimensions réduites peut découper des tôles de 6 millimètres d'épaisseur seulement. Comme la première, elle est aussi actionnée par courroie. La poulie motrice commande, par l'intermédiaire d'engrenages et de poulies dentées, les arbres des disques circulaires servant de scies, qui sont ainsi animés de mouvements de sens contraire. La position de ces disques est réglée au moyen de vis de rappel agissant sur les paliers des arbres. Dans ce type de machines, il faut toujours que les disques soient bien de même diamètre, car s'il en était autrement, les vitesses à la circonférence seraient différentes pour les deux disques et il y aurait glissement sur la tôle et détérioration des parties tranchantes. La tôle à découper repose sur une table montée sur galets qui permet de présenter à l'action des outils tous les points de la pièce. — B.

***CISAILLEMENT.** *T. de méc.* Opération qui consiste à couper une pièce sous l'action d'un effort tranchant dirigé transversalement à l'axe de celle-ci. Nous avons étudié à l'article CISAILLE les outils qui servent à pratiquer cette opération, dans les ateliers, sur les fers et les tôles. Dans l'étude de la résistance des matériaux, la considération de la résistance au cisaillement joue un rôle capital, et on ne manque jamais dans les projets de construction d'étudier soigneusement, par le calcul, la valeur des efforts de cisaillement que les pièces auront à subir, et de déterminer leurs dimensions en conséquence. Pour le fer, en particulier, on admet en général que la résistance au cisaillement est égale à la résistance à la rupture par traction.

CISAILLER. *T. de monn.* Couper avec des cisailles des pièces de monnaie défectueuses de crainte qu'elles ne soient mises en circulation.

***CISAILLEUR.** *T. de mét.* Ouvrier qui coupe avec les cisailles. Se dit plus particulièrement dans les ateliers de la monnaie.

CISEAU. *T. techn.* Outil à section rectangulaire dont l'extrémité est taillée en forme de biseau. Cet outil, destiné spécialement au travail du bois, est en général en acier de bonne qualité afin d'obtenir à l'affûtage un tranchant bien effilé. Les longs côtés du ciseau sont un peu inclinés, et viennent, en s'élargissant du côté tranchant, pour lui permettre de se dégager plus facilement lorsqu'on fait, par exemple, des mortaises d'une certaine profondeur. Le biseau du tranchant doit former un angle de 30° à 35° avec la face opposée qui prend le nom de *planche*. Le *collet* est une partie évidée qui se trouve renforcée par l'embase Celle-ci supporte la *soie* qui est enfoncée dans le manche en bois. Les petits ciseaux sont ordinairement en acier, les plus longs ont seulement la lame en acier, le reste est en fer.

La trempe varie avec la nature du métal, mais il faut éviter qu'elle soit trop dure. Avec l'acier fondu on devra faire revenir le ciseau gorge de pigeon ou même tout à fait bleu; mais, en général, on n'a pas besoin de s'inquiéter de la trempe, ces outils étant livrés au commerce prêts à être employés. || *Ciseau à froid.* Ciseau émoussé dont on se sert pour ouvrir des caisses ou séparer des planches clouées.

CISEAUX. Instrument tranchant, composé de deux lames, réunies par un clou placé au milieu, qui leur sert d'axe. Les ciseaux coupent par compression, en divisant violemment les molécules des corps; ils nécessitent donc un effort, qui varie suivant la résistance du corps que l'on attaque; et qui réclame dans leur emploi une certaine pratique.

Les ciseaux se composent de deux parties, séparées par *l'écusson* sur lequel est placé le pivot: la lame ou partie coupante terminée en pointe, aiguë ou ronde, et la branche opposée à la précédente et qui se termine par l'anneau dans lequel on passe les doigts, pour ouvrir ou fermer les ciseaux. Cet outil est donc une sorte de double levier, la puissance agissant sur l'anneau, et la résistance sur les lames. L'effort à exercer pour couper un corps sera donc d'autant plus considérable que la partie des lames qui tranchera sera plus éloignée de

l'axe. Aussi, dans la pratique, coupe-t-on des matières peu dures avec le bout des lames, tandis que pour les autres on ouvre largement les ciseaux et on coupe près de l'écusson. Cependant, pour certains travaux, où il s'agit de couper en ligne droite, sur de grandes longueurs, on emploie de longues lames, l'effort qu'on est obligé de développer se trouvant compensé par cette circonstance, que les reprises sont moins nombreuses.

Une branche de ciseaux s'établit en soudant une pièce de fer dite *crampon*, à une partie d'acier dite *étoffe*. Le crampon servira à faire la branche, et l'étoffe à faire la lame. On forge ensuite ce crampon sur l'enclume, pour lui donner la forme voulue, et y prendre l'anneau, en perçant un trou au tiers du diamètre environ, du côté de la branche et terminant la forme sur la bigorne. On marque enfin la place de l'écusson. L'ouvrier tenant alors la branche dans des tenailles procède à la confection de la lame, comme s'il s'agissait d'un couteau.

On compare les deux morceaux des ciseaux pour bien vérifier leur symétrie, et on perce le trou d'axe. Il n'y a plus qu'à limer les pièces pour les achever ; mais auparavant, il faut donner aux lames un certain voile, de façon qu'elles ne se touchent qu'aux deux points extrêmes, présentant une convexité très remarquable en dehors. Si les lames étaient parfaitement planes et qu'elles appuyassent bien uniformément et dans toute leur longueur, le corps placé dans l'angle des tranchants glisserait comme sur deux plans inclinés et tendrait à s'éloigner de l'axe pour s'échapper vers la pointe. Cette courbure est facile à obtenir avec les lames droites, mais pour les ciseaux à lames recourbées cette opération est plus délicate et exige une grande habileté. La voilure doit être proportionnée à la largeur de la lame. La trempe et l'émoulage des ciseaux se pratiquent suivant les méthodes ordinaires du travail de la *coutellerie*. — V. ce mot.

Quant à l'axe qui réunit les branches, c'est ou un clou rivé ou une vis à tête plate ou saillante, ou un filet de vis à écrou à oreilles, lorsqu'il sera nécessaire de faire varier souvent le degré de serrage entre les lames.

Bien que l'on fabrique des modèles assez nombreux et variés de ciseaux, il n'y a pas grand intérêt à en faire une description détaillée. On peut ranger les ciseaux dans deux grandes catégories : les ciseaux à lames droites, et les ciseaux à lames courbes. Dans chacune d'elles on trouvera des variétés dont les différences résident principalement dans les formes adoptées pour les extrémités des lames, qui sont toutes deux pointues, rondes, ou l'une pointue et l'autre ronde, et cela d'après la nature du service auquel on les destine.

Généralement, les deux branches ainsi que les anneaux sont complètement symétriques, quelquefois cependant, comme dans les grosses pièces employées à couper plusieurs épaisseurs de drap, travail qui s'exécute en faisant glisser l'un des anneaux sur la table de travail, la branche correspondante est plus longue et plus forte que l'autre.

Il peut arriver que les ciseaux doivent se présenter naturellement ouverts, afin que dès qu'on cesse d'exercer une action, si petite qu'elle soit sur les branches, ils ne soient plus en prise avec les matières à couper ; ce résultat s'obtient, soit en leur donnant la forme ordinaire et ajoutant un petit ressort entre les branches, soit, en formant les deux branches d'un ressort contourné en sorte d'U, les lames étant fixées à l'aide de vis sur les deux branches du ressort.

CISELÉ (velours). *T. de tiss.* On appelle *ciselé* le velours dans lequel certaines parties sont *frisées* et certaines autres *coupées*. Ce sont ces dernières qui font la figure veloutée du dessin. On obtient le frisé à l'aide de fers tantôt ronds, tantôt plats. Le velouté résulte de l'incision des brides ayant fait escalade sur des fers à rainures. La lame tranchante d'un outil spécial qu'on appelle *pince*, *rabot*, *treulette*, suivant les localités, s'appuie sur la rainure et elle est rapidement entraînée, de gauche à droite, par la main droite de l'ouvrier. C'est dans ce parcours, tout le long de la rainure, qu'elle tranche le sommet de toutes les boucles achevalées sur ce fer spécial. Le *velours de Gênes*, la *moquette fine*, dite *tapisserie*, sont des ciselés. Dans la moquette fine les poils qui doivent faire figure lèvent *masse* d'abord. On insère alors le fer plat frisé ; puis on fait immédiatement lever une seconde fois les poils destinés exclusivement à faire velours. On insère le fer à rainure. Lorsque ces deux fers, de hauteurs différentes et dont la forme se prête à leur juxtaposition sous une épaisseur *minimum*, sont serrés l'un contre l'autre, on passe les duites du tissu de soubassement. Après avoir inséré ainsi un certain nombre de fers des deux genres et des duites, on exécute la coupe sur les fers à rainure qui sont le plus rapprochés de l'ouvrier, et on défile tout simplement et successivement les fers du frisé. L'opération se continue ainsi jusqu'à fin de pièce. Le velours se trouve un peu plus élevé que la partie frisée, ce qui le fait mieux ressortir.

CISELER. Sculpter, avec le ciselet, des figures, des ornements sur les métaux. — V. CISELURE.

CISELET. *T. techn.* Petit ciseau de fer délié qui est le principal outil du ciseleur. — V. CISELURE.

CISELEUR. Artiste qui ciselle des ornements sur les métaux. On doit distinguer le *ciseleur* proprement dit du *ciseleur réparateur* ; le premier est un artiste qui conçoit et exécute des sujets en relief ou en demi-relief, tandis que le second est l'ouvrier qui achève une pièce dont les dessins ne sont pas sortis du moule avec toute la netteté voulue. Le premier doit être fidèle au culte intelligent des belles formes, posséder le savoir et l'esprit, l'intelligence et la main, tandis qu'on ne demande au second que le respect de l'œuvre originale et l'habileté de l'exécution, mais il faut encore à celui-ci un sentiment de l'art qui devient de plus en plus rare chez nos ciseleurs.

CISELURE. *T. d'art* (de ciseau, cisel). Art de modeler le métal à l'aide des ciselets et du marteau. Le travail du ciseleur fait donc partie des industries du marteau, il diffère de celui du gra-

veur en ce que celui-ci n'emploie que la pointe, l'échoppe ou le burin, qu'il trace et taille sans frapper. Le graveur décore le métal à sa surface sans en modifier les plans. Le ciseleur le sculpte ou le repousse. Le graveur trace ou creuse un dessin. Le ciseleur modèle une forme.

Tous les métaux ne sont pas également propres à être ciselés. Trop durs ou trop mous, ils reçoivent mal ou ne gardent pas l'empreinte de l'outil. Cependant parmi les métaux connus des anciens, tous, hormis le mercure, ont été travaillés par le ciselet : l'or, l'argent, le fer, le cuivre, voire même le plomb et l'étain ont été repoussés et ciselés et, parmi les métaux de découverte plus moderne, le platine, le zinc, l'aluminium et le nickel sont à des degrés différents susceptibles d'être ciselés. Mais si quelques-uns à l'état pur reçoivent et conservent la forme et le dessin, presque tous s'accommodent mieux d'un alliage et l'exacte proportion des métaux qui forment ces alliages est une des conditions premières d'une bonne ciselure. L'or allié au cuivre et à l'argent (850 à 750 millièmes), — l'argent allié au cuivre (900 millièmes, — la tôle, — l'acier même, — le bronze, — le cuivre rosette et le cuivre jaune — conviennent au travail du ciseleur et sont de nature à recevoir de sa main les ornements les plus délicats ; aussi l'art qui nous occupe n'appartient-il pas seulement à l'orfèvrerie et aux bijoux, mais aux bronzes, à l'armurerie, à la serrurerie, à la dinanderie, à la poterie d'étain, à la plomberie, à la coutellerie et à tous les arts délicats où les métaux jouent un rôle décoratif.

Selon la nature de ces métaux, selon les industries qui les emploient et la destination des objets qui en sont fabriqués, le ciseleur qui les décore modifie son travail. Il ne procède pas pour orner un bouclier de tôle comme pour sculpter les pantures de fer d'une porte d'église. Marteau et ciselets s'exercent différemment sur la statuette de bronze ou sur le vase d'argent ; le bijou d'or embouti, repoussé, caressé par l'outil, s'achève sans que le poids du précieux métal ait été diminué, tandis que sous un ciseau tranchant, l'acier s'enlève en copeaux quand le ciseleur dégrossit et sculpte la garde d'une épée ou la batterie d'un fusil de chasse.

De là trois modes bien différents :

La ciselure sur fondu;

La ciselure repoussée ;

La ciselure prise sur pièce.

De la première, il a été précédemment parlé à l'article Bronze d'art, et non seulement on y a expliqué, en un chapitre spécial, en quoi consiste la ciselure, mais aussi les procédés de la fonte, du montage, des ragréures et de la patine, le tout d'une façon trop complète pour qu'il soit utile d'y revenir. Ce n'est qu'incidemment et pour l'intelligence des autres parties de cet article que nous nous permettrons ici quelques redites.

Pour *repousser* et pour *prendre sur pièce*, les outils du ciseleur sont à peu de chose près ceux qu'il emploie pour travailler sur le métal fondu : le marteau, les ciselets, les rifloirs, les traçoirs, les gouges, les burins, les matoirs, les grattoirs, les perloirs, les mollettes ; il se sert également du ciment, de l'étau, du boulet et des blots, emploie la gratte-boësse, la ponce et l'émeri, il s'aide de quelques instruments nouveaux propres à couper, à tailler, à repousser et à emboutir et, parmi ces derniers, de la *ressing*, l'un des plus curieux à étudier et des plus difficiles à manier. Le *marteau* du ciseleur est généralement léger et s'il en est de plus petits ou de plus lourds, celui qu'on préfère varie de 125 à 150 grammes (fig. 280), la tête ou plane en est plate et moins large qu'une pièce de 2 francs, la panne arrondie ne sert que rarement

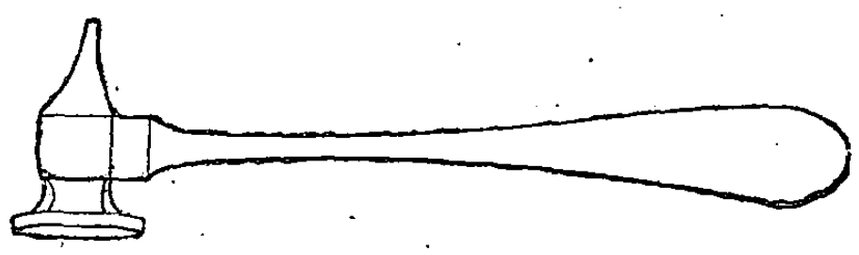


Fig. 280. — *Marteau.*

à frapper, le manche généralement en bois de frêne et plus rarement en baleine est plus mince et plus flexible quand il s'agit de la ciselure en repoussé, afin que le coup fouette un peu, le marteau doit être emmanché non pas perpendiculairement mais sous un léger angle, pour éviter de lever le coude en frappant.

Ce n'est jamais directement sur le métal que le ciseleur frappe avec le marteau, mais sur des outils d'acier de formes et de grosseurs variées qu'on nomme *ciselets* ; ce sont de petits ciseaux (fig. 281) non tranchants ou mieux des tiges d'acier, d'une longueur de 0,12 centimètres environ, recevant

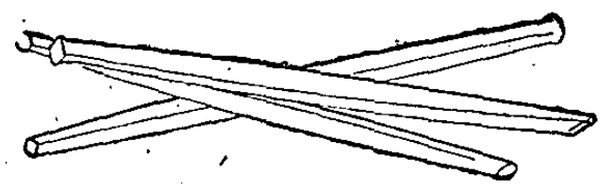


Fig. 281. — *Ciselets.*

sur l'une des extrémités le choc du marteau, et agissant de l'autre sur le métal par contre-coup. Les ciselets sont trempés du côté qui agit, mais ne le sont pas par le bout que frappe le marteau ; leur grosseur varie de 3 à 5 millimètres.

S'il s'agit de ciseler de grandes surfaces, d'obtenir des effets plats, clairs et unis, l'extrémité du ciselet est large, plate, sans aucune taille, mais toujours la carre en est émoussée ou légèrement arrondie. Au contraire, faut-il tracer un dessin, suivre une ligne, marquer un trait large ou fin, le bout du ciselet devient étroit, plus ou moins long, mais non pas tranchant, l'empreinte qu'il laisse est molle ou sèche selon que l'angle d'acier est droit ou arrondi. On donne à l'outil par conséquent les formes les plus variées, plat ou bombé, carré ou arrondi, anguleux ou concave, poli ou grenu, il est appelé *planoir*, *traçoir*, *bouterolle* ou *perloir* ; si son extrémité s'effile jusqu'à ressembler presque à une pointe, c'est la *bouge*, si l'acier en est poli, c'est un outil clair ; s'il est grenu, taillé, strié, c'est un *matoir*, mais le grain et la taille de ces

outils varient à l'infini et les ciseleurs les usent et les façonnent eux-mêmes, pour obtenir des effets dont ils sont jaloux de garder le secret. Benvenuto enseigne de se servir d'un acier trempé sec que l'on rompt et dont la cassure montre un grain serré précieux pour matir.

Les *rifloirs* sont des morceaux d'acier carrés, arrondis ou méplats, longs de 20 à 30 centimètres dont on façonne à la lime les deux extrémités, leur donnant les formes les plus variées et qu'on taille ensuite; on en fait de plats, de ronds, de demi-ronds, en dos d'âne, en feuille de sauge, en bouts ronds, en langue de chat, en haricot, en crochets, en bouts relevés, on les taille *rude, bâtard, doux, demi-doux*, on les cambre de cent manières avant de les tremper, de façon que l'ouvrier les puisse faire pénétrer dans le creux des draperies et partout où un outil droit ne pourrait atteindre. Il y en a qui sont cambrés jusqu'à décrire un demi-cercle. Les rifloirs à demi-usés deviennent de précieux outils dans la main de l'artiste et produisent souvent des effets aussi fins que ceux du ciselet.

Le ciment des ciseleurs est un mélange de résine, de suif et de colcotar qu'on trouve dans le commerce et qui sert, soit à coller les pièces sur le boulet, soit à soutenir le métal qu'on repousse. Tel qu'on l'achète, il est impropre à donner un bon résultat, et l'ouvrier le doit refondre pour l'amollir, par l'addition de suif et quelques fois de goudron, ou le durcir avec du ciment neuf, selon la nature du travail qu'il entreprend.

C'est au moyen du ciment que le ciseleur colle sa pièce sur un boulet de fer plein, qui, posé lui-même sur un coussinet ou un rond de cuir, permet de tourner l'objet dans tous les sens et de le frapper d'un coup sûr. Si la pièce à ciseler est un plateau, une coupe, une plaque ou s'il s'agit d'y repousser des reliefs, la forme sphérique du boulet ne convient pas et l'on se sert de *blots*. Le blot est une planche ou une réunion de planches que l'on garnit de ciment, on y colle à chaud la plaque que l'on veut repousser ou ciseler; le blot, quand il est muni d'une forte cheville, se peut fixer dans l'étau, mais on le place plus souvent sur l'établi en l'inclinant et en le soutenant avec des cales ou des coussins de cuir remplis de sable.

Etant donnés ces outils essentiels, voyons ce qu'ils deviendront dans les mains du ciseleur. On a expliqué à l'article BRONZE D'ART comment il faut procéder après la fonte, nous n'avons que peu de chose à ajouter sur la *ciselure du fondu*, car les procédés varient peu quand il s'agit de l'argent ou de l'or. Ces métaux précieux nécessitent cependant un travail plus considérable : s'ils s'oxydent moins sous l'action du feu, ils sont moins fluides, épousent d'une façon moins parfaite les détails du moule et gardent après le refroidissement (l'or surtout) une forme plus grasse et plus molle. Il est dès lors nécessaire que le ciseleur leur rende l'accent et, sans maigrir la forme déjà diminuée par le retrait du métal, reprenne dans l'ensemble et les détails la copie du modèle.

Pour l'argent, il faut procéder comme pour le bronze, les jets et les coutures enlevés, le métal dégroché, l'objet rempli de ciment, on le met à vif à l'aide des grattoirs et des rifloirs, on enlève avec délicatesse le mince épiderme où l'oxydation s'est arrêtée et, soit que étant assez petite, la pièce puisse tenir au boulet, soit que plus lourde on la maintienne dans un étau aux mâchoires soigneusement garnies de plomb, le travail au ciselet commence.

Le marteau dans la main droite, le ciselet dans la gauche, l'artiste s'applique à pétrir la matière, à corriger les défauts de la fonte, à rendre plus serré le grain de l'argent, à reprendre, d'après la maquette ou le plâtre, les intentions du modelé : fleur, ornement ou figure; c'est du modèle ou de la nature que le ciseleur s'inspire, il doit interpréter l'œuvre quand il n'en est pas l'auteur et ne pas se substituer à celui-ci. Mais ce que le sculpteur n'a pu donner, ce que ne rendent ni la terre, ni la cire, ni le bois, ni le marbre : cette fleur de l'épiderme, le chairé de la peau, la maille du tissu, les nervures des feuilles, le moiré des fleurs, le guillochis du bois, tout cet infini délicat qui charme l'œil et donne la couleur et l'esprit à la matière, à défaut des couleurs elles-mêmes, tout cela est le triomphe du ciseleur et nous dirons plus loin en quoi il en faut craindre l'abus. Même en cet art qui est sien, le ciseleur doit rester soumis à la volonté du maître qui a créé l'œuvre, mais c'est par ce travail précieux et fin qu'il achève l'exécution des objets d'or, d'argent ou de bronze fondus. C'est à rendre les matités, les effets clairs et polis, les craquelés, les jaspures, les rayés, les croisés, les guillochés, les pointillés, les zébrures et les granulés qu'il emploie ses rifloirs et ses ciselets aux formes si variées. La ponce et l'émeri lui servent à adoucir les effets, à polir et user les surfaces. Cet amoureux travail de la peau exige un goût délicat, mais n'est acceptable qu'alors que le respect de la forme et la science du modelé ont conservé à la figure, à l'ornement ou à la plante l'accent et la vérité.

La ciselure des objets fondus s'exerce sur les objets les plus différents; qu'il s'agisse d'un colosse de bronze ou d'un chaton de bague, les procédés sont à peu près les mêmes, l'outil du ciseleur s'est promené du haut en bas de la Colonne de la Grande Armée et les mignonnes figures qui décorent les bijoux du Louvre ont été caressées du même outil, la matière de celles-ci a même été refoulée, écrasée et serrée avec d'autant plus de soin que certaines devaient être émaillées et auraient pu produire des boursouflures au feu de la moufle.

Si pour l'achèvement de son ouvrage le ciseleur-repousseur use des mêmes moyens, ses préparations sont tout-à-fait différentes.

Ciselure repoussée. Il faut d'une feuille de métal tirer un sujet ronde bosse ou bas-relief. C'est l'œuvre entière à créer, et c'est alors que le ciseleur doit n'être plus seulement un praticien habile, mais un artiste, avec la science, le goût, et l'adresse tout ensemble.

Parlons d'abord d'un simple bas-relief : une plaque d'or, d'argent ou de cuivre étant donnée, convenablement laminée, planée et recuite, l'artiste

y trace son dessin, puis il en circonscrit la silhouette par un léger tracé au ciselet qui forme au revers un contour saillant, il fixe à chaud sur le ciment sa plaque qu'il place à l'envers, il repousse en creux son métal en frappant à petits coups à l'aide de bouterolles et de ciselets sans jamais crever, fatiguer ni trop récrouir la matière ; à cet effet, il la recuit aussi souvent qu'il croit utile comme font l'orfèvre et le chaudronnier ; il opère comme ceux-ci, s'attachant à conserver la malléabilité, à garder partout une épaisseur égale, à emboutir en creux de la quantité qu'il devra trouver en relief de l'autre côté de sa plaque. Il aura d'ailleurs la ressource de chasser à nouveau le métal aussi souvent qu'il en sera besoin, mais il devra craindre d'y trop revenir et de le sécher.

Retournant la plaque quand déjà le repoussé y a produit en creux une sorte de moule aux détails flous, retournant la plaque, disons-nous, le ciseleur trouve sur la partie opposée un relief augmenté de l'épaisseur du métal et plus flou par conséquent.

C'est alors qu'on nettoie la surface de la plaque, qu'on la fixe sur le blot bien garni de ciment (ce ciment ayant à peu près la résistance du plomb), et qu'on commence le travail de modelé. Le ciselet et le marteau agissent à coups menus et répétés, pétrissant la plaque comme l'ébauchoir agirait sur la terre ou la cire, modelant les plans, réservant les saillies, creusant les fonds, traçant les contours, mettant en place les accents principaux, insistant sur cette mise au point qui, pour la sculpture, est le travail mathématique du praticien, mais ayant cet avantage sur le sculpteur en pierre de se pouvoir corriger et de ramener la matière en la frappant en dessous, là où elle manque et là où on l'a trop renfoncée.

Le ciseleur, plus ou moins habile, obtient plus ou moins vite, à force d'art ou de patience, la mise en plan, le modelé, la perfection de la forme. Il remplace ensuite par un ciment plus résistant le ciment à repousser et caresse d'un ciselet plus précieux les détails du sujet ; il copie les traits du visage, dessine les doigts des mains, chiffonne les plis des étoffes ; il choisit ses perloirs les plus fins, ses matoirs usés, ses molettes aux effets croisés et s'applique à rendre le chairé des nus, le tissu des étoffes, le grenu des terrains. Ses ciselets donnent, par la façon dont ils sont taillés et dont il les frappe, des contrastes, une couleur sans laquelle il n'est pas de ciselure agréable à l'œil.

Mais il ne s'agit pas toujours de repousser sur fond un simple bas-relief, il se peut que l'artiste ait à faire une figure à plus haute saillie ou absolument ronde-bosse. Pour arriver à ce résultat avec une simple plaque d'or ou d'argent, le travail constitue déjà une véritable difficulté de métier. Benvenuto Cellini, dans son *Traité d'orfèvrerie*, s'étend avec complaisance sur cette opération et compare à ses propres moyens d'exécution les procédés dont usait Caradosso, son émule. Ce dernier modelait en cire le sujet, le fondait en bronze et, sur cette âme solide, étendait la plaque d'or préalablement disposée, lui faisant épouser les reliefs et les creux au moyen des ciselets et y employant de préférence des bouterolles ou des batonnets de bois dur. Comment il opérait, comment il réunissait et soudait sa pièce, comment il l'achevait ensuite sur le ciment après en avoir retiré le noyau de bronze? ceux qui ne l'ont étudié déjà dans le livre de Benvenuto, le liront dans le Ve chapitre de son *Traité de l'orfèvrerie*. Ajoutons que ce procédé, qui n'est autre qu'un coquillé sur relief, pourrait être continué jusqu'à enfermer complètement dans l'enveloppe d'or le modèle ou noyau de cuivre, à ronger par l'acide ensuite ce modèle de cuivre, à raccorder et souder l'or et à reprendre le travail au ciselet après l'avoir bourré de ciment.

Plus loin, Benvenuto décrit sa propre méthode et, s'il la dit plus aisée, c'est par un sentiment de fausse modestie qui lui aide à vanter sa supériorité d'artiste, sur l'habileté de métier de l'orfèvre milanais. Cellini ne fond pas en bronze son modèle, à peine l'esquisse-t-il en cire : attaquant directement avec de gros outils la plaque d'or par le dessous jusqu'à obtenir l'ébauche de son relief, il commence un véritable et merveilleux travail d'emboutisseur et d'orfèvre étendant, rétreignant et forgeant son métal, s'aidant de la bigorne et du marteau, jusqu'à pouvoir le détacher du fond, et, l'ayant découpé dans la forme convenable, le replier pour former la rondeur des bras, le dos du sujet, rapprocher les bords, les souder et reprendre la ciselure dans ses plus fines parties. — V. Cellini.

Benvenuto décrit avec amour sa méthode et prend pour exemples l'*Hercule au lion* qu'il fit pour un gentilhomme de Sienne, l'*Atlas* que lui commanda Federigo Ginori et surtout le *bouton de chape* fameux qu'il exécuta pour le pape Clément VII. Si ce dernier ouvrage, malgré son haut relief, ne constitue pas à proprement parler un travail en ronde-bosse, mais un *repoussé en bosse*, il suffit de poursuivre la lecture du chapitre pour y voir que Cellini et Caradosso exécutaient constamment des crucifix d'or absolument ronde-bosse, et pour y relire la description répétée des moyens que nous expliquons ici sommairement. Mais c'est le lieu d'expliquer en quoi consiste le travail du *coquillé*.

Coquiller, comme l'indique le mot, veut dire faire des coquilles et le procédé que nous donnons convient aux ouvrages les plus considérables et aux plus délicates pièces d'orfèvrerie : le Saint-Charles Borromée du Lac majeur, le Vercingétorix d'Alesia et la figure colossale de la Liberté américaine, de Bartholdi, sont, comme la Minerve d'argent, de Simart, comme certaines figures des vases de Vechte, et tant d'autres œuvres dont nous reparlerons, faites au coquillé.

Sur le modèle de plâtre, tel que l'a achevé le sculpteur, le mouleur établit en plâtre également un moule ou bon creux dont toutes les parties repairées s'assemblent dans une chape, et c'est la façon dont opèrent tous les mouleurs pour tirer d'un même creux un grand nombre d'épreuves en plâtre (V. Moulage). Pour coquiller en

métal, on fond non plus le modèle lui-même, mais les différentes pièces du moule en cuivre jaune, en bronze ou en fonte de fer, puis on les monte à l'aide de fortes vis dans leur chape également reproduite par la fonte. C'est dans ces creux ainsi obtenus que le ciseleur, voire même un bon ouvrier orfèvre, commence à emboutir ses coquilles d'or, d'argent ou de cuivre. Nous n'insistons pas sur les moyens de faire pénétrer les plaques de métal dans les creux du moule, il y faut une grande habileté et les outils qu'on emploie ne sont pas de fer mais des maillets et des bouterolles de bois, pour ne pas fatiguer la matière. Souvent recuite et maintenue par l'une des extrémités à l'aide de vis, elle entre peu à peu dans les moindres cavités et n'en sortirait pas si les morceaux du moule ne s'ouvraient et ne se détachaient les uns des autres comme nous l'avons dit. De la sorte on compose de morceaux emboutis la figure entière, mais il les faut repairer et raccorder d'une façon mathématique et parfaite, et cela n'est pas le côté le moins délicat du travail. Ici, qu'il s'agisse de l'œuvre du chaudronnier et qu'il assemble ses morceaux par des boulons ou des rivets, ou qu'il s'agisse de l'œuvre de l'orfèvre et du bijoutier et qu'ils réunissent leurs coquilles en les soudant, c'est la figure entière qu'on reconstitue de toutes pièces.

Dans la statue colossale de Bartholdi chaque détail est en raison des proportions colossales, suffisamment modelé, tandis que dans la statuette d'argent il faut compléter par le ciselet tout ce que la bouterolle en buis n'a pu réussir ou n'a qu'imparfaitement réussi à estamper dans les creux du moule. Sur cette ébauche plus ou moins parfaite mais régulièrement coquillée sur des plaques d'égale épaisseur, le ciseleur reprend donc et achève une œuvre d'un poids bien inférieur à celui qu'atteindrait une même figure obtenue par la fonte et dont les conditions de fabrication répondent à des besoins déterminés.

Nous n'avons examiné jusqu'ici que le cas où l'artiste peut aisément chasser son métal par dessous pour le reprendre ensuite au ciselet. La forme des pièces à décorer ne se prête pas toujours également à cette préparation et il est tel cas où ni la main ni le marteau ne peuvent pénétrer au revers de la plaque. S'il s'agit de repousser des godrons ou des fleurs sur la panse d'un vase au col étroit, comment s'y prendra l'ouvrier ? Longtemps, les orfèvres ont usé de stratagème, ils divisaient le vase en plusieurs zones, qu'ils n'assemblaient et ne soudaient qu'après l'achèvement de la ciselure, c'est là l'unique cause de la bizarre construction de bien des vases aux styles les plus divers. Nous prenons pour exemple la belle aiguière du Louvre qui fût souvent à tort attribuée à Etienne Delaune et qui est allemande. On remarquera qu'elle est coupée par deux lignes moulurées qui encadrent la frise : ces moulures ne servent qu'à dissimuler le rapport, le montage et la soudure des trois parties formant la panse ; la zone du milieu représente un cortège triomphal dont l'artiste n'aurait pu repousser les nombreuses figures s'il n'avait eu la liberté de chasser en dessous la matière. Encore dut-il employer plus souvent le pied-de-biche (outil coudé) que le ciselet.

Il existe cependant un procédé curieux au moyen duquel on parvient à bosseler et repousser une bouteille au col étroit, procédé que semblent avoir ignoré les orfèvres italiens et que Benvenuto lui-même ne décrit pas.

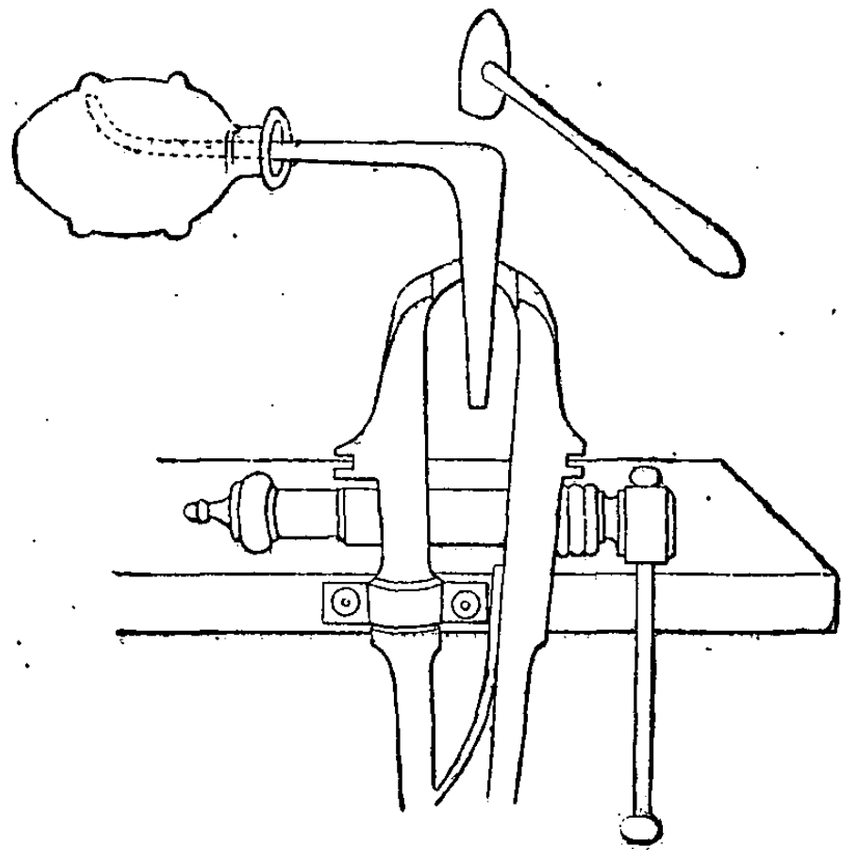


Fig. 282. — *Ressing en potence.*

La *ressing* n'est pas une bigorne, c'est un instrument d'acier dont la longueur varie suivant la profondeur du vase dans lequel on le fait pénétrer, mais qu'il n'est pas d'usage de faire plus court que 30 à 35 centimètres si l'on veut qu'il vibre et fouette librement. Fixé par sa partie coudée et solide dans l'étau ou mieux dans un billot, son autre

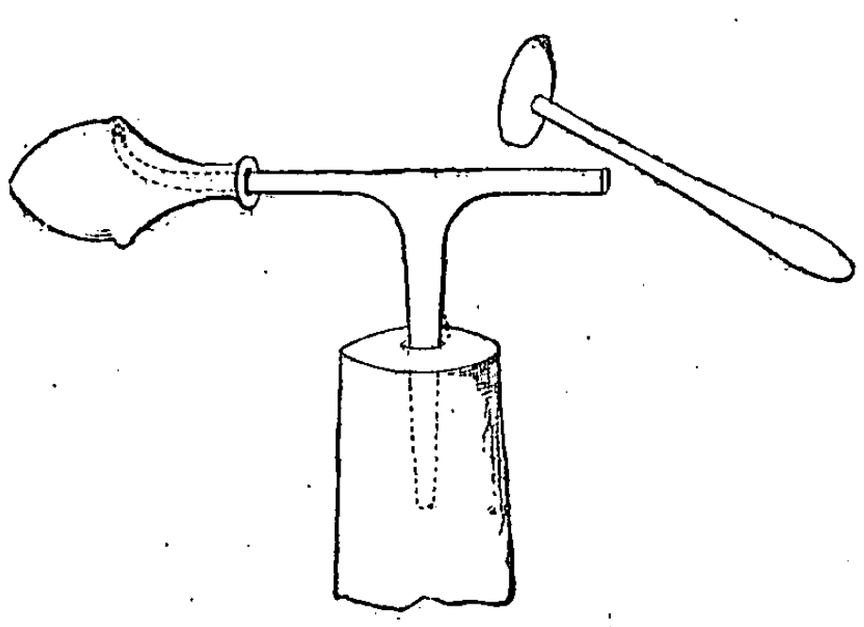


Fig. 283. — *Ressing en T.*

extrémité reste libre et, soit qu'on frappe avec un marteau au tiers de la longueur si la ressing est coudée en potence (fig. 282), soit qu'on frappe sur la branche libre si la ressing est construite en forme de T (fig. 283) on produit sur cette extrémité libre une vibration qui agit de bas en haut.

Dès lors, on comprend comment le bout de la ressing recourbé en crochet, arrondi et façonné de diverses façons peut produire les reliefs dont a besoin

le ciseleur. Celui-ci d'une main tient et guide son vase, de l'autre il frappe à l'aide du marteau sur l'acier qui ressaute et bosselle à chaque coup la surface. Délicat et demandant une grande sûreté de main, une grande franchise d'exécution, ce travail est l'un des plus difficiles, mais des plus curieux de la ciselure. Quand les reliefs sont obtenus, l'ouvrier remplit de ciment son vase et procède comme il a été dit déjà.

Ciselure prise sur pièce. Ce travail est à bien dire une sculpture véritable, il ne s'agit plus de relever ou de pétrir le métal mais de le tailler comme on taille la pierre. Dans un bloc de fer ou d'acier préalablement dégrossi à la lime et solidement tenu dans l'étau, l'ouvrier ébauche à coups de ciseau et met au point comme fait le praticien dans l'atelier du sculpteur ; les outils dont il se sert d'abord ne sont plus des ciselets mais des ciseaux tranchants, des gouges, des agnettes, des burins, des grattoirs, c'est-à-dire des aciers résistants et trempés dont l'extrémité est taillée suivant certains angles et certaines courbes et qu'il manie non pas comme l'échoppe et le burin du graveur, mais qu'il frappe avec le marteau, comme fait le sculpteur.

Ce n'est qu'après que la forme a été obtenue par l'outil tranchant, lorsque tout est mis au point et que les détails eux-mêmes sont dessinés et ramolayés que le ciseleur reprend les outils dont nous avons parlé d'abord : ciselets, rifloirs, matoirs, molettes, etc., et qu'il modèle, pétrit, caresse et achève son œuvre.

Rarement, on le conçoit, doit-on opérer de la sorte sur les métaux précieux et sur ceux qui, par la fonte, donnent plus vite et d'une manière précise la forme cherchée. On prend sur pièce les métaux durs et résistants, susceptibles d'être forgés : le fer et l'acier conviennent surtout à ce difficile travail, l'armurier, l'arquebusier, le ferronnier, le serrurier, le coutellier préparent au marteau et à la lime les pièces que doit achever le ciseleur, et c'est à orner et finir les armes, à découper dans la masse la batterie d'un fusil de chasse ou d'un pistolet, à modeler des landiers, à orner les entrées de serrure, à sculpter et ciseler la tige et l'anneau d'une clef, le verrou d'une armoire, l'anse d'un coffret, les pantures et le heurtoir d'une porte, que convient la ciselure prise sur pièce.

Le Musée de Cluny et le Musée d'artillerie à Paris, contiennent un grand nombre d'armes, de serrures et d'instruments de fer décorés par ce procédé et qui datent du moyen âge et de la Renaissance ; nous en donnons un exemple, c'est la belle clef des Strozzi (fig. 284) qui appartient au baron Ad. de Rothschild et qui fut exposée en 1878 au Trocadéro.

Nous ne croyons pas utile, ayant expliqué les principaux modes de la ciselure, d'entrer dans les plus minutieux détails du métier. Les curieux les trouveront définis dans l'excellent *Manuel du ciseleur*, l'un des meilleurs de la collection Roret, où Jean Garnier a dit les procédés et les secrets qu'il pratique en ouvrier et en artiste. Nous nous contenterons d'ajouter que si l'art de ciseler est le complément nécessaire de l'orfèvrerie, de la bijouterie, du bronze, de l'armurerie, de la ferronnerie, etc., cet art prête encore son aide ou l'a prêté jadis à la plomberie et à la poterie d'étain.

Plomb. Si le zinc, sec et cassant est rebelle à l'action du ciselet, si après qu'il a été coulé dans le moule il n'obéit qu'à l'écouenne, le plomb, au contraire, par sa malléabilité est d'une complaisance telle qu'il crée au ciseleur des difficultés d'une nature opposée. Cependant, le plomb se modèle, se coquille, se cisèle même et les artistes

Fig. 284. — *Clef Strozzi.*

de la Renaissance nous en ont laissé de jolis exemples, mais c'est dans la grande plomberie décorative, dans l'ornementation des combles, des toits, des conduites d'eau que s'exercent les meilleurs ouvriers en ce genre. Ils ne sont pas classés parmi les ciseleurs proprement dits et appartiennent bien plus à la *plomberie d'art*. Il sera parlé d'eux à cet article spécial, mais nous craindrions de ne pas leur consacrer ici quelques lignes, car ils deviennent de véritables artistes quand ils exécutent des groupes comme ceux qui décorent les bassins de Versailles, ou que, travaillant sous les ordres d'un Viollet-le-Duc, ils repoussent les figures d'anges et de saints qui se dressent sur les sommets de nos églises. On conçoit qu'on ne peut charger d'une masse de plomb fondu la charpente d'un toit ; l'ange qui du haut de la Sainte-Chapelle regarde Paris, l'enfant qui forme

l'épi de la cathédrale d'Amiens, sont coquillés d'une feuille de plomb que soutiennent des armatures de fer, mais, quelque parfaitement qu'on ait chassé le plomb dans les creux du moule, il a fallu reprendre le détail des formes, les plis des étoffes, les traits du visage, les doigts des pieds et des mains; l'écouenne et le grattoir réclamaient une façon habile et prudente pour ne pas trop user et percer le plomb, et c'est d'un ciselet largement et savamment manié qu'on a obtenu les effets et les accents. De même ont été finis les grands trophées qui décorent le dôme des invalides, et si MM. Monduit et Béchet excellent dans cet art de grande décoration, nous avons vu chez M. Marrou, l'habile plombier de Rouen, des feuilles mouvementées, des ornementations de plomb où la délicatesse et l'esprit ne le cèdent pas aux meilleures ciselures sur bronze.

Etain. L'étain est moins propre que le plomb à

Fig. 285. — *Marli d'un plat d'étain, par J. Brateau.*

dans le sable et fondus en étain, ou, qu'agissant à la façon du graveur en médailles, l'artiste (et c'est notre opinion) ait gravé dans l'acier ou ciselé dans le cuivre-plein une matrice pour y couler ensuite l'étain fondu et l'y écraser sous l'action d'une presse on d'un marteau, c'est toujours l'œuvre d'un ciseleur et c'est parmi les plus habiles de nos ciseleurs de la Renaissance qu'il faut ranger François Briot, l'auteur de l'aiguière et du plateau dont les épreuves sont au Louvre, à Cluny et dans plusieurs collections privées. La poterie d'étain qui a tenu un rang honorable à côté de l'orfèvrerie d'or et d'argent aux XV^e^ et XVI^e^ siècles, ne pouvait donc se passer du concours de la ciselure pour la confection de ses modèles et c'est encore à un ciseleur, M. J. Brateau, qu'on doit depuis peu les intéressants essais de restauration d'un art qui semblait perdu (fig. 285).

Historique. Il est difficile de raconter l'histoire de la ciselure sans empiéter sur celle de l'orfèvrerie et des bijoux qu'on trouvera plus développée en des articles spéciaux, mais il suffit d'insister sur les origines et sur les époques où la ciselure fût le plus en honneur. C'est précisément alors que l'orfèvrerie et la bijouterie brillèrent du plus vif éclat, car bronzes et ouvrages d'or ne peuvent être ciselé et, bien qu'il soit plus docile que le zinc, nous connaissons bien peu d'objets d'étain qu'ait touchés directement l'outil du ciseleur. Quelques ustensiles, plateaux, aiguières, vases et gobelets anciens portent cependant des traces d'outil et dernièrement nous avons reconnu, sur la panse d'une coupe à anse, la marque évidente d'un repoussé dont le bosselage avait ensuite été repris à l'échoppe et au ciselet. La poterie d'étain, qui fût en France, en Allemagne et en Suisse une des branches les plus parfaites des arts du métal, appartient à la ciselure, non pas, nous le répétons, que les pièces en aient été directement ciselées, mais bien fondues ou estampées dans des creux comme sont frappées les monnaies ou les médailles.

Or, que suivant diverses opinions également soutenables, les chefs-d'œuvre de Fr. Briot et d'Enderlein aient été préalablement exécutés en argent ou en bronze par le ciseleur, puis moulés atteindre à la perfection des formes et au charme du fini qu'avec le concours intelligent du ciseleur. Si le travail des métaux est l'un des premiers que pratiquèrent les hommes, si Tubulcaïn, le forgeron de la Genèse, fût fils de Lamech et frère de Noë, si Vulcain, l'unique fils de Jupiter et de Junon, forgea la foudre, bâtit le temple d'or du soleil, fit le trône du roi des dieux, et cisela les armes d'Achille, l'histoire et la fable sont d'accord pour placer haut et loin l'origine d'un art, dont les adeptes peuvent être fiers.

La science a confirmé la tradition des historiens et des poètes: partout où elle a interrogé le sol, partout où ont vécu les peuples anciens, la terre a rendu des pierres brisées, des inscriptions frustes, des armes rongées de rouille, mais là où l'airain lui-même avait subi l'action du temps, là où les fouilles ne donnaient plus d'autres vestiges d'un passé disparu, l'or et l'argent sortaient intacts, et, témoins des premiers âges, qu'ils eussent servi d'ornements aux idoles, de parures aux guerriers, de bijoux aux femmes, ils portaient les traces d'un décor plus ou moins fin, d'une ornementation plus ou moins primitive, traces qui attestent que le ciseleur fut l'un des premiers ouvriers du monde.

Celui qui le premier frappa l'un contre l'autre deux morceaux de fer inventa le marteau et découvrit l'art de forger; son deuxième outil dût être le ciseau, car il lui fallut chercher le moyen de couper le métal. Il usa le fer, comme dans l'âge de la pierre on avait usé le silex: le

ciseau de pierre servit de modèle au ciseau de fer et le premier choc qu'il donna fût le premier tracé de la ciselure. L'entaille répétée fit ces zig-zags et ces dessins à bâtons rompus qui chez tous les primitifs sont le premier, le plus naïf et le plus logique des dessins : on le retrouve sur l'armure des anciens et sur la pagaïe des sauvages.

Que le martelage ait précédé la fonte, ou que la fonte ait devancé le martelage, le besoin du ciselet dût naître de l'un ou de l'autre de ces deux procédés. Il n'était pas moins nécessaire d'effacer sur la pièce grossièrement fondue la trace des jointures du moule et de corriger les imperfections de l'épreuve que de façonner, de repousser et d'orner la plaque de métal unie. Nous n'entrerons donc pas dans ces savantes disputes sur la priorité dans la toreutique du repoussé ou de la fonte, non plus que sur l'origine de ces ouvriers forgerons et mineurs auxquels certains auteurs prêtent une existence fabuleuse et que d'autres font descendre des contrées septentrionales de l'Asie mineure vers les rivages de la mer Egée : Dactyles, Curètes, Corybantes, Cabires ou Telchines ; ils sont les ouvriers du métal et du feu et ces derniers les plus habiles à façonner et ciseler l'or et l'argent, à les modeler à l'image des dieux. Ils établissent dans l'île de Samothrace, en face de l'embouchure de l'Hèbre, le temple où sont célébrés les mystères de leur culte. C'est de là que leur art se répand en Asie, en Egypte, en Grèce et en Etrurie.

Et c'est dans ces antiques contrées que nous retrouvons, en effet, non plus des fables et des textes contestables, mais des preuves indiscutables : les objets d'or et de bronze enfouis dans les hypogées. Nous avons vu, en 1867, parmi les objets prêtés par le vice-roi d'Egypte, les bijoux précieusement ciselés et la barque d'or fin aux douze rameurs accouplés et aux fins décors imités du lotus. Ces bijoux avaient été trouvés dans le tombeau de la reine Aah-hotep, femme d'un roi de la seizième dynastie. Il en existe plusieurs au Musée du Louvre dont l'âge est aussi respectable et dont les délicatesses accusent une ciselure non moins remarquable.

Des centaures, des animaux, dont quelques-uns peut-être sont obtenus par l'estampage, mais où la différence du dessin, la non coïncidence des formes dénotent un travail à la main et non l'empreinte d'un poinçon, décorent les plaques d'or et d'airain.

Il faut dès lors admettre qu'à côté de l'ouvrier fondeur, de l'orfèvre et de l'armurier, un autre plus habile avait surgi qui réparait les statuettes d'airain fondu, épurait les moulures des vases, décorait les phalères de bronze et les coupes d'argent, repoussait sur les bandeaux d'or les frises courantes et que cet ouvrier était celui que nous nommons ciseleur. Et ce nom qui lui vient de son outil dans notre langue, il devait chez les Latins comme chez les Grecs l'emprunter à son ciselet.

C'est sous les rois de la dix-huitième dynastie, c'est-à-dire 1532 avant J.-C., que les Hébreux gagnant la terre promise s'arrêtèrent au pied du Sinaï, et c'est là que sur l'ordre de Moïse, Besalel et Oholiab exécutèrent l'arche sainte. Ils ciselèrent en or pur les vases, les lampes, les plats, les couronnes, les chérubins et le chandelier à sept branches dont l'Exode nous a gardé la description minutieuse, c'est donc l'Ecriture qui nous donne les noms de ces deux ciseleurs-orfèvres vieux de trente-quatre siècles.

Les découvertes de M. Salzman dans l'île de Rhodes, de M. Lenormant à Megare nous ont fait connaître, non seulement l'ingéniosité et la perfection du travail du bijoutier, mais aussi les jolis détails repoussés sur ces bijoux. Le *caelum* des Latins, le τορεύς des Grecs, c'est cet outil principal, burin, rifloir ou ciseau qui partout et toujours use, creuse, grave, pétrit et repousse le métal, et dont l'empreinte est écrite partout. Bien mieux, les monuments antiques nous ont gardé la représentation de plusieurs ateliers de ciselure : Gerhard, Panofka et O. Jahn ont décrit la coupe du Musée de Berlin où les phases successives de la fonte, du moulage et de la ciselure ont été peintes avec une scrupuleuse vérité — et dans le *Dictionnaire des antiquités grecques et romaines*, M. E. Saglio donne la copie d'une peinture découverte à Pompéi, où le ciseleur est fidèlement représenté, tenant son ciselet et son marteau et décorant d'ornements un casque. Le marteau qui gît à terre n'est-il pas encore celui qu'emploient nos ciseleurs.

Avant d'envahir l'Occident, les peuples de l'Asie étaient en possession déjà des procédés les plus perfectionnés de l'orfèvrerie et leurs ouvriers fournissaient au luxe des autres contrées. Ce fut de Tyr que Salomon fit venir Hiram, non seulement pour construire le temple de Jérusalem, mais encore pour mettre en œuvre l'or et l'argent d'Israël et en former les richesses du temple et de son trésor. Le *Livre des rois* nous a laissé la description minutieuse des autels, des vases, des encensoirs, des candélabres, etc. et nous n'avons plus de ces merveilles,

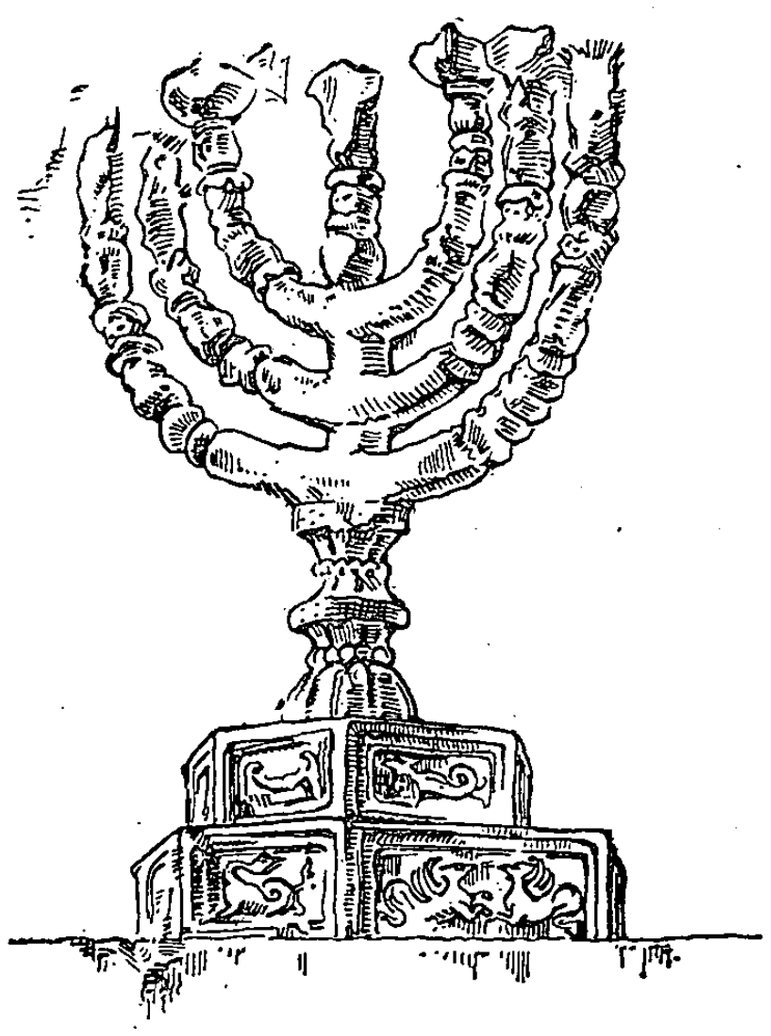


Fig. 286. — *Chandelier à sept branches des Hébreux.*

d'autre vestige que la copie du chandelier à sept branches sculptée sur l'arc de Titus ; nous y trouvons la preuve que cette pièce était ornée de ciselures (fig. 286).

C'est encore aux ouvriers des rivages asiatiques qu'Homère attribue les merveilleux travaux dont il nous a laissé la description fameuse : « Le roi de Cypre donne à Agamemnon son char et sa cuirasse. » Des orfèvres sidoniens ont ciselé le cratère d'argent qu'Achille reçoit après la mort de Patrocle ; les boucliers des héros, leurs armures d'airain, les ornements d'or travaillé dont ils décorent leurs chars et leurs chevaux, les présents qu'échangent Glaucus et Diomède, c'est de Sidon et de Cypre qu'ils viennent, ce sont les Phéniciens qui font commerce des vases et des bijoux précieux. Vulcain, cependant, a ciselé de ses propres mains les armes d'Achille et quelques auteurs ont voulu prouver qu'il était impossible qu'un bouclier réunit tout le poème qu'y avait mis Homère. N'ont-ils pas été jusqu'à nier Homère lui-même? Mais M. Quatremère de Quincy a ingénieusement reconstitué le bouclier d'Achille, d'après le texte grec et en a fait exécuter le dessin, pour montrer à quel degré de travail et de finesse devait atteindre une telle œuvre de ciselure.

Pour dépeindre ces armes, pour décrire l'agrafe d'or du manteau d'Ulysse où un cerf est déchiré par un chien, le baudrier d'Hercule où sont figurés des combats d'hommes et d'animaux, il fallait qu'Homère eût vu réellement des ouvrages identiques ; Hésiode n'eût pas composé tout un poème sur l'armure d'Hercule, si un art déjà bien avancé ne lui avait donné l'exemple de chefs-d'œuvre presque aussi parfaits que celui qu'il nous peint en détail.

Et d'ailleurs, n'avons-nous pas les preuves réelles de cet art? Les découvertes du docteur Schliemann, à Mycènes, ont remis au jour des fragments d'armures ciselées qui ont l'âge d'Homère, la coupe d'argent trouvée à Amathonte, celles de Citium qui sont au Louvre sont des types achevés de cet art ancien où se mêlent les styles de l'Assyrie et de l'Égypte. Le British-Museum possède, depuis 1876, quinze cents objets d'or, bracelets, couronnes, vases, etc., dont une centaine sont martelés, bosselés et ciselés avec un goût charmant; ils sont de travail babylonien, égyptien ou phénicien et les archéologues les datent de mille ans avant J.-C.

Le bandeau d'or du Musée du Louvre porte une jolie frise décorée, au repoussé, de cerfs, de biches et de lions; il fût trouvé près d'Athènes et appartient au temps des rois.

Longtemps les Grecs d'Europe tirèrent d'Asie les vases de bronze et les ornements d'or et d'argent. Ce ne fût qu'à la suite de leurs grandes luttes avec les peuples d'Asie, après la défaite des Perses, qu'ils purent s'enrichir et transformer les matières précieuses dont ils s'étaient emparés.

Ce qu'étaient les trésors des Assyriens, des Chaldéens, des Lydiens et des Perses, on s'en peut faire une idée par les inscriptions de Korsabad qui sont un véritable inventaire des richesses de Sargon, par celles où le roi Assurdanipal raconte son butin sur Ummaldas. On le conçoit surtout en lisant Hérodote qui nous a décrit les merveilles du Trésor de Crésus. Ce sont des lits d'or, des autels d'argent, des statues massives de métal précieux, des trépieds, des vases ciselés, des cratères, des plinthes, des bassins, des bijoux. Ce sont les œuvres renommées des artistes de Samos et remarquons ici que ces œuvres sont vieilles alors de plus d'un siècle, car Rhœcus, le chef de l'école samienne dont la statue : la *Nuit*, était à Ephèse, Téleclès, son fils, qui inventa la fonte à noyau, et Théodoros, son petit-fils, qui avait ciselé la vigne d'or aux grappes de gemmes, vivaient longtemps avant le fastueux roi de Lydie.

Que devinrent les trésors de Crésus? Une partie fût offerte à l'oracle de Delphes par le superstitieux monarque et détruite dans l'incendie du temple; l'autre fût la proie des Perses, quand Cyrus s'empara de Sardes (548 avant J.-C.). Ce qu'il en resta s'augmenta du luxe des rois mèdes et perses et s'éparpilla au hasard des batailles, restant aux mains des Grecs à Platée ou au pouvoir d'Alexandre à Arbelles.

Mais dans l'entre-temps l'art grec s'était développé. A Sparte, Théodoros, le toreuticien de Samos, que nous avons nommé; Smilis, à Egine; Dipoïnos, à Sicyone avaient, dès le VII^e^ siècle avant J.-C., créé l'art de la sculpture. Remarquons, qu'en Grèce comme en Asie, ce ne fût pas par l'emploi de la pierre, mais du métal et du bois que commença la sculpture; le ciseleur avait part égale dans ces deux procédés, s'il ciselait la statue d'airain, c'était lui qui précédemment avait repoussé les plaques d'or minces dont on habillait les grossières images des dieux taillées en bois. En 544, au début de la LIX^e^ olympiade, ce fut un sculpteur-orfèvre qui, pour l'image fruste de l'Apollon d'Amyklœ, fit le trône célèbre où s'alliaient le métal et l'ivoire et dont les bas-reliefs d'or ciselé racontaient les exploits du dieu.

Et quand l'école attique fût sortie de l'enfance, quand rivalisant d'ardeur Corinthe, Argos, Sparte, Sicyone, Egine et Athènes se dégagèrent de l'archaïsme, ce fut par une succession de maîtres et d'artistes sculpteurs qui s'appliquèrent autant et plus à ciseler le métal qu'à tailler le marbre, ce fût, partagée entre les robustes tendances du génie d'Orient et les gracieuses sollicitations du génie ionien, que la sculpture grecque atteignit à l'art pur et se résuma en ces maîtres immortels: Miron, Phidias, Praxitèle, qu'on n'a jamais égalés. Eux aussi ont jeté en bronze et repoussé en or leurs statues. Agéladas, le maître de Miron, était un toreuticien; Phidias se plaisait à marier l'or, l'argent et l'ivoire, et Scopas, qui naquit à Paros et précéda Praxitèle, Scopas qui fit le tombeau de Mausole et la Niobée, abandonnait parfois le marbre du mont Marpesse pour ciseler dans le bronze les draperies envoilées, les ailes aux fines nervures et surtout l'expression, cette expression si vivante qu'il communique à l'art grec et pour laquelle la matière résistante du métal avait des qualités qui plaisaient au ciseleur statuaire. Nous venons de rappeler de Phidias les sculptures d'or et d'ivoire. Où et quand depuis, a-t-on égalé par la perfection du modèle, la richesse des matériaux et les proportions de l'œuvre, ces monuments de la sculpture chryséléphantine? Ce ne fût pas seulement la Minerve d'Athènes qu'il fit ainsi, l'*Athéna Parthénos* que Pausanias a minutieusement décrite et dont M. Lenormand a découvert plusieurs imitations. Ce fût le Zeus d'Olympie aux proportions colossales, la Vénus Uranie et la Minerve-Erganée d'Elide.

De la Minerve, nous avons vu, en 1855, l'imitation moderne que fit, pour le duc de Luynes, le sculpteur Simart, et dont les parties d'orfèvrerie furent exécutées dans les ateliers de Duponchel. Bien des ciseleurs se souviennent d'avoir travaillé au casque, à l'égide, à la tunique d'argent, sous la surveillance réunie du sculpteur, de l'orfèvre et du duc. La Minerve de Simart est au château de Dampierre ainsi que le Louis XIII, ciselé en argent, d'après le modèle de Rude. Il n'y a pas eu, depuis le duc de Luynes, de grand seigneur artiste pour commander de telles œuvres.

Mais qu'était la Miverve auprès du Jupiter Olympien qui mesurait 18 mètres de haut et dont le front touchait presque à la voûte du temple. Les nus étaient d'ivoire, le manteau découvrait le torse, mais cachait le bas du corps de ses plis d'or ciselé que décoraient des fleurs peintes. Combien d'habiles ciseleurs durent alors travailler sous les ordres du maître à la couronne, au sceptre, à la figure ailée de la victoire qu'il tenait dans la dextre; les pieds d'ivoire posaient sur un tabouret porté par des lions d'or et ceint d'une frise représentant la lutte de Thésée et des Amazones. Le trône était d'ivoire, de marbre et d'ébène, que reliaient des bas-reliefs et des figures en ronde-bosse, on y voyait les dieux, les kharites et les saisons. C'est Pausanias qui nous donne de la merveille d'Olympie la description minutieuse, et c'est au revers d'une monnaie d'Elide qu'en est la réduction la plus fidèle.

Avant Phidias, la Grèce avait eu des statues d'or et d'ivoire, Canachus avait fait ainsi une Vénus pour le temple de Sicyone et Junon avait de semblables images sculptées ou ciselées par Théoclès, par Smilis d'Egine et par Médon; après Phidias la sculpture chryséléphantine compta d'autres artistes habiles, Menechme, Soïdas et Lysippe lui-même qui fût longtemps orfèvre avant d'être sculpteur. Nous n'avons nommé que les artistes fameux qui illustrèrent la Grèce, mais dans leur ombre combien s'élevèrent et grandirent d'artisans, d'ouvriers, d'artistes industriels qui mettant en œuvre les métaux utiles ou précieux destinés aux usages de la paix ou de la guerre, leur donnaient cette pureté de forme, cette délicate et sobre ornementation dont le peuple même était le bon juge. L'art et l'industrie s'épanouissaient au soleil, sous le beau ciel bleu : pas de musée dans ce pays du beau, la place publique était une exposition permanente. « Le Pirée, dit le comte de Laborde, était un vaste entrepôt, puisque les marchandises du monde des Grecs étaient

exposées, dans ses rues et sur ses quais, à la curiosité des désœuvrés d'Athènes et des négociants de toute la Grèce. » Dès lors, chez ce peuple où le culte de la belle forme surpassait tous les cultes, à quelle perfection durent atteindre tous les meubles, tous les ornements, tous les ustensiles de la vie privée! Les fouilles pratiquées à des époques répétées et de nos jours encore, ont rendu et rendent quelques vestiges de cette fabrication si parfaite, mais si, des temps modernes, il reste si peu d'orfèvrerie et de bronzes, faut-il s'étonner qu'après les siècles de décadence, la domination romaine, les incursions des barbares, les luttes de l'Occident, la révolution chrétienne, les schismes de l'Eglise grecque, le passage des Croisés, la conquête des Turcs, et les actes de vandalisme encore récents, il ne subsiste pas plus de bijoux, de vases d'argent, de statuettes ou d'armes de bronze du temps de Périclès ou d'Alexandre.

La curiosité et la savante recherche des antiquités grecques ne sont ni une science, ni une manie nouvelle. Rome eût des curieux et des maniaques que ne suivent que de bien loin les plus riches de nos amateurs. Pline raconte ce qu'étaient les collections de vases et d'ornements grecs en son temps, « une mère de famille peu fortunée, dit-il, avait payé 150,000 sesterces (33,750 francs de notre monnaie) une coupe d'argent ciselé; et l'impératrice Livia possédait un vase d'argent du poids de 50 livres, du travail grec le plus beau qu'on eût vu. »

C'est par les auteurs romains surtout que nous ont été gardés les noms des orfèvres et des ciseleurs grecs et c'est grâce à leurs écrits que nous pouvons citer aprés Théodore de Samos : Calamis qui vivait sous Périclès et dont Néron appréciait les vases d'argent ciselé, Athénoclés, Stratonicus, Myrmécidés, Cimon qui fût un ciseleur fameux, Callicratès de Lacédémone. Pline cite Acragas, Antipater d'Ephèse et Lœdus de Thrace, habiles à relever sur le métal des figures de héros et de guerriers et Mys qui cisela, d'après les dessins de Parrhasias, les combats des Troïens et des Grecs.

En 1878, à l'exposition du Trocadéro, en 1880, au Musée rétrospectif du métal de l'Union centrale, nous avons vu et admiré pendant un temps trop court les bronzes et les ciselures des collections Carapanos, Gréau, Dutuit, Egger, etc. Nous citerons comme faisant partie de la première de ces collections une plaque de bronze ciselé qui formait le couvre-joue d'un casque. M. O. Rayet croit que cette plaque représente le combat de Pollux et de Lynçée et faisait partie d'une armure de parade; il l'attribue à quelque artiste vivant au temps d'Alexandre.

En même temps que s'épanouissait l'art grec, un art non moins précieux s'était développé chez les Etrusques. Bien avant que Rome, la rude, se fût éprise du luxe, les Etrusques établis au versant méridional de l'Apennin pratiquaient déjà les métiers rapportés d'Asie; ils faisaient le commerce avec les Phéniciens et quelque secours qu'ils aient reçus d'artistes étrangers, jamais leur style ne s'est confondu avec celui des grecs au même degré que les ouvrages de Tarente et de Sicile. Les Etrusques excellaient dans la fabrication des bijoux, mais ce n'était pas seulement de filigranes, de cordelettes, de chaînes, de pâtes, de verres et d'émaux qu'ils formaient les colliers, les pendants, les bracelets. Ils travaillaient, coquillaient et ciselaient l'or avec une perfection que n'ont dépassée ni Cellini, ni les meilleurs orfèvres des temps modernes. Les procédés que nous avons expliqués au commencement de cet article étaient connus d'eux assurément et pratiqués avec une dextérité qui surprend encore les savants et les hommes du métier. On en trouvera de jolis exemples au Cabinet des médailles et notamment la mignonne figurine de la Victoire, inscrite au catalogue ancien sous le nº 2549. Le Musée du Louvre possède quelques bijoux trouvés en Toscane dans les sépultures, mais les plus beaux sont à Rome, au Vatican et dans le Musée de l'Ermitage à Saint-Pétersbourg. Nous ignorons les noms des sculpteurs et des ciseleurs étrusques qui firent ces délicates merveilles, mais c'est à eux qu'il faut faire remonter l'introduction des arts du métal à Rome, et c'est de Tarente, c'est de Sicile qu'après la guerre samnite et la première guerre punique pénétrèrent à Rome, les belles œuvres de la statuaire et de l'orfèvrerie. Mais qu'étaient ces dépouilles auprès des richesses que rapportèrent ensuite de Carthage, d'Espagne et de Macédoine les nouveaux maîtres du monde?

Dédaigneuse de s'astreindre aux arts de la paix, la Rome républicaine conquit avec l'épée les trésors des autres peuples; elle appela dans ses murs les artistes grecs, sculpteurs, orfèvres, peintres, ciseleurs et autres, et bien avant César le peuple romain vit son forum et ses rues bordées de statues de marbre, de bronze et d'or, ses temples enrichis d'ornements et d'autels d'or et d'argent, ses palais et ses tables remplis et surchargés d'une vaisselle somptueuse. Pline donne sur cette vaisselle des renseignements détaillés, il dit la forme des vases, leurs noms, il décrit les ciselures en haut relief dont on les décorait, les procédés d'incrustation, d'oxydation, et parmi les orfèvres aux noms grecs, il cite deux ciseleurs Pythéas et Teucer dont la renommée s'était conservée jusqu'en son temps.

Ce luxe s'accrût sous l'empire. « Les Romains, dit un auteur anglais, n'étaient pas une race d'artistes, mais ils étaient les maîtres du monde et possédaient ses trésors. » Les raffinements du luxe, l'excès de la richesse engendrèrent de ridicules abus dont nous n'avons pas à nous occuper, il n'y avait ni art ni goût à ferrer d'or les mules d'une impératrice, à fabriquer d'argent leurs baignoires, à couvrir de métal précieux les murs d'un palais, à dorer à forte épaisseur la coupole d'un temple. Ce dévergondage de la fortune ne fit que s'accroître depuis la bataille d'Actium jusqu'au règne de Néron, et les écrits de Tacite ressemblent à certains contes merveilleux où l'imagination aurait plus de part que la réalité. Mais pour n'être pas des artistes producteurs, les Romains de l'empire n'en étaient pas moins connaisseurs; on pourrait entre eux et les collectionneurs d'aujourd'hui faire un parallèle. Mais s'ils payaient un prix considérable les merveilles d'un art ancien, ils encourageaient avec plus de clairvoyance les artistes vivants, qu'ils vinssent de Grèce ou de Sicile. Ces artistes d'ailleurs ne se faisaient pas faute d'exploiter les ridicules et les manies de leurs maîtres et le « trucage, » pour nous servir d'un mot bien moderne et bien parisien qui dut avoir son synonyme dans la langue de Pline et de Tacite, le trucage était pratiqué par les ciseleurs sous les Césars, comme il l'est de nos jours. Comment n'en aurait-il pas été ainsi quand on payait un vase antique d'argent à raison de 6,000 sesterces la livre, soit quinze fois le prix de la matière.

Fin de goût, gardant de son origine grecque ou greco-italienne la fière allure, la beauté des formes, l'ingéniosité des ornements, le style des orfèvreries resta pur, tant que les artistes qui les produisaient, furent les esclaves ou les affranchis dont les Romains achetaient les travaux sans les partager. Mais quand à la liberté d'invention vint se substituer le caractère officiel du luxe impérial, quand les artisans romains s'essayèrent aux arts décoratifs, quand les ouvriers du Nord, se mêlant à eux, remplirent les ateliers, le style s'alourdit, il devint monotone et nous légua des formes banales (qu'ont bien mal à propos copiées chez nous les bronziers et les orfèvres de l'Empire et de la Restauration), il se perdit enfin dans la barbarie avant même que les barbares eussent envahi Rome.

Et dans ce grand effondrement de la puissance romaine, les peuples du Nord pillent et se partagent les trésors que n'ont pu transporter les empereurs à Byzance ou que n'a pas transformés pour son usage la religion chrétienne, et c'est ainsi qu'ils emportent par la Gaule, par l'Allemagne, l'Espagne et l'Afrique les merveilles arrachées à

Rome. Déjà les légions romaines avaient dans leurs campagnes victorieuses promené leur luxe dans nos pays, leurs étapes sont marquées par les fouilles d'où l'on a retiré leur vaisselle, leurs armes et leurs monnaies. C'est ainsi que par des luttes incessantes, des invasions réciproques, les vestiges de l'art que nous étudions nous sont parvenus et que les plus précieux morceaux de ciselure antique ont été retrouvés dans le lit des fleuves ou, conservés dans notre propre sol, ont été déterrés par la charrue du paysan. Déjà, vers 1660, des pêcheurs avaient retiré du Rhône, près d'Avignon, le grand disque d'argent, du Cabinet des médailles, dont le sujet expliqué par Winckelmann est : *Briséis rendue à Achille*. Mais une découverte, bien autrement intéressante, faite en 1830, par un cultivateur normand, celle dite du « trésor de Bernay, » nous a fourni des premiers siècles de l'empire les plus beaux ouvrages d'argent. Certains de ces objets se rattachent simplement à l'orfèvrerie, mais il en est où l'art du ciseleur s'est donné carrière et qui sont pour nous d'un précieux enseignement. Les deux statuettes de Mercure, autrefois cataloguées sous les nos 2801 et 2802 sont faites au coquillé de plaques d'argent mince, raccordées et soudées ensuite, comme nous l'avons expliqué dans la première partie de cet article. Les deux grands vases ou Œnochœs et les deux canthares bachiques sont de superbes repoussés, si habilement exécutés et sur un métal si mince (notamment les deux canthares) que certaines parties n'ont pu résister à la pression du sol et se sont déchirées malgré la doublure d'argent dont l'orfèvre avait soutenu les fonds. Les anses et les ornements sont pris sur pièce. Les sujets qui garnissent la panse des œnochœs sont : Achille pleurant sur le corps de Patrocle et le rachat du corps d'Hector — la vengeance d'Achille et la mort d'Achille — tandis que les compositions des Canthares ont une singulière analogie avec celle de la célèbre coupe de Sardonyx, dite *des Ptolémées*, que possède également la Bibliothèque. Les figures de centaure et de centauresse sont accompagnées de masques, de vases et d'attributs se rapportant au culte de Bacchus.

Si par le style et la beauté du travail ces quatre magnifiques vases ont paru supérieurs aux ouvrages de l'empire, il n'en faudrait pas cependant conclure qu'ils sont de fabrication grecque ou attribuer au célèbre Mentor les deux œnochœs quelque analogie qu'ils aient avec ceux que Pline a décrits. Mais ce sont d'admirables monuments de l'art de la ciselure et c'en est un autre plus rare encore que la patère d'or de Rennes conservée également au Cabinet des médailles sous le no 2537. Cette coupe d'or massif, découverte à Rennes, en 1774, mesure 25 centimètres de diamètre et pèse 1k,315, elle est faite au marteau et dans ses bords sont incrustées 16 médailles d'or d'empereurs et d'impératrices, dont la plus récente est à l'effigie de Caracalla et confirme l'opinion émise que ce travail remonte aux premières années du IIIe siècle de notre ère ; le centre est formé d'une plaque ronde ou *emblema* d'or repoussé, sertie dans une couronne de laurier prise sur pièce.

« L'*emblema* de notre patère, dit M. Chabouillet, représente un défi entre Bacchus et Hercule, ou plutôt c'est une composition allégorique, dont le sens exprimé très clairement, est le triomphe du vin sur la force. » En effet, les sujets inscrits dans ce médaillon et qui tant dans le centre que dans le cortège circulaire comprennent quarante-trois figures d'hommes ou d'animaux sont tout un poème à la gloire de Bacchus. Repoussées avec un art gras, souple, charmant, ces figures ont plus de mérite sous le rapport de la ciselure que du dessin, car elles sont d'une période de décadence, mais tant par la rareté que par la conservation, cette patère est unique et elle reste, pour l'histoire de la ciselure, d'un intérêt capital.

C'est encore au Cabinet des médailles que les orfèvres trouveront deux curieuses rondelles repoussées sur or à vingt-trois carats, représentant l'une Dyonisius et l'autre Silène. Ces deux pièces qui mesurent 64 millimètres de diamètre sont serties dans des boîtes d'or légères et présentent l'aspect de deux grandes médailles. Elles sont minces, car elles ne pèsent ensemble que 52 grammes. Comme la patère de Rennes, elles appartiennent à l'époque romaine de décadence du IIe au IIIe siècle, mais présentent au ciseleur une étude aussi intéressante qu'à l'archéologue. Elles ont été gravées dans le 1er volume de la *Gazette archéologique*, où M. J. de Witte leur a consacré plusieurs pages.

Tous les Musées d'Europe possèdent, en nombre plus ou moins considérable, des orfèvreries et des ciselures remontant à l'époque romaine ; on en trouverait l'énumération dans le savant ouvrage que M. J. Arneth a publié à Vienne, en 1850. Le vase de Naples, où est représentée l'apothéose d'Homère, la coupe de British Museum et celle qui fait partie de la collection de sir William Drake sont les œuvres de ciseleurs bien habiles, mais nous ne savons rien de plus beau dans cet art que la Kylix ou apode du trésor d'Hildesheim qu'a popularisée la reproduction galvanoplastique de Christofle. Parmi les nombreux objets d'argent, vaisselle de table et ustensiles de cuisine que découvrirent, en 1869, les soldats allemands lorsqu'ils creusaient une tranchée près d'Hildesheim pour leurs exercices de tir, elle reste la pièce maîtresse. L'ornement greco-romain qui décore la bordure est d'un outil délicat et spirituel, mais rien n'égale la superbe allure, le style fier, l'élégance et le charme de la Minerve assise. Autant par la pureté du dessin, que l'habileté de l'outil, l'artiste qui a repoussé en haut-relief cette figure, a atteint la perfection.

La décadence de l'art romain ne fût pas compensée par la création de l'art byzantin. Le partage de l'Empire n'eût pas pour les arts une conséquence heureuse et quelques efforts que firent Constantin et ses successeurs pour entraîner dans leur nouvelle capitale ce que Rome avait encore d'ouvriers et d'artistes, ils ne déterminèrent pas une Renaissance, mais une simple modification de l'art. L'orfèvrerie resta cependant de cet art la manifestation la plus haute et la plus parfaite, elle était indispensable au luxe des empereurs, il semblait qu'en se rapprochant de l'Asie, l'empire retrouvât les besoins, les appétits et les passions des monarques fastueux des temps passés

L'Eglise, toute puissante à Byzance comme à Rome, n'avait pas de son origine modeste conservé la sainte pauvreté, elle acceptait pour l'ornement des autels et le costume de ses prêtres l'or, les pierreries et le luxe des étoffes, mais elle craignait le trop grand charme de la forme, elle répudiait surtout ce qu'avait adoré la Grèce, l'idéale perfection du corps humain, la chaste étude du nu.

Elle craignait près des barres rigides de la croix de voir s'arrondir les belles formes de statues dont l'admiration des fidèles aurait pu refaire des idoles. Elle enveloppa Dieu lui-même, et les saints des plis droits et décents de l'argent martelé. Elle défendit d'animer les visages, et l'art byzantin, malgré la richesse des ornements, l'éclat des pierres et des émaux, imposa des formes raides et hiératiques qui semblent un retour à l'archaïsme des Assyriens et des Perses.

Etait-ce encore trop de tolérance et de liberté pour l'art? A Byzance même, sur le sol sacré des Hellènes, naissait au Ve siècle la secte des iconoclastes qui détruisait jusqu'aux images de la Vierge et des saints et plus loin dans l'Orient, un autre siècle après, venait Mahomet qui devait d'une façon absolue bannir la représentation de la figure humaine.

Si toute expression était condamnée, l'imagination avait cependant libre carrière dans l'emploi des ornements et des couleurs, les caprices de l'art arabe, les dessins de l'Inde et de la Perse fournissaient aux ouvriers byzantins des éléments nouveaux et les ciseleurs déployaient

concurremment avec les émailleurs et les tailleurs d'ivoire une habileté merveilleuse. De cet art somptueux, quelques monuments nous restent et les écrits des auteurs grecs nous révèlent à quel degré il fût poussé. Sur les revêtements d'or des autels, sur les bandes de métal qui décoraient les trônes, sur les feuilles des dyptiques, sur les plats des évangéliaires, sur les bijoux, sur les couronnes, sur les armes coururent les entrelacs tracés par la main du graveur, s'allongèrent les corps aux gestes parallèles dont le dessin était marqué d'un trait et dont le ciseleur chassait en bosse le visage et les mains.

Parfois même le caprice d'un empereur rendait à l'artiste la liberté que lui ôtait l'Eglise. Théodose avait eu sa statue d'argent sur le Forum du Taureau, Arcadius lui en fit élever, après sa mort, une autre bien plus considérable (elle pesait 7,400 livres). Il ne se contenta pas de doter les églises de vases ciselés, il couvrit d'or les murs et les meubles de son palais. Saint Jean-Chrysostome qui occupait le siège de Constantinople voulut réagir contre ce faste, mais l'impératrice Eudoxie lutta d'influence contre lui; elle voulut avoir sa propre statue; elle poursuivit de sa haine le prélat, le fit bannir et tandis que saint Jean mourait misérable à Comane (407), Eudoxie faisait, en signe de triomphe, dresser sur les places de la ville les statues d'argent colossales faites à sa ressemblance et à l'image de ses filles.

La basilique de Sainte-Sophie, qu'avait élevée Constantin, fut brûlée dans l'émeute occasionnée par l'exil de saint Jean-Chrysostome et c'est à la reconstruire que Théodose II et sa sœur Pulchérie employèrent leurs trésors, réparant en cela les crimes de leur mère. Mais Sainte-Sophie fût détruite à nouveau par l'incendie de 532 et Justinien la réédifia telle qu'elle est restée, c'est-à-dire dans la forme qui est demeurée le type de l'architecture byzantine. — V. Byzantin.

Tout ce que l'art de l'orfèvre peut ajouter d'éclat, de richesse et de beauté à l'œuvre de l'architecte fût dépensé dans le temple; les murs, les colonnes, les autels et les degrés furent revêtus de lames d'or et d'argent sur lesquelles se relevaient en bosses les ornements ciselés et niellés. Vases, candélabres, lampes suspendues avaient fourni pendant nombreuses années aux travaux des orfèvres de Byzance, dont le nombre dépassait celui des autres artisans, au dire de Paul le Silenciaire. Procope nous a laissé la description de ces merveilles de métal précieux aux décors sculptés et incrustés d'émaux et de gemmes; l'Anonyme rapporte que le nombre des vases destinés au culte était de quarante-deux mille et de six mille celui des candélabres d'or. Nous n'avons pas à contrôler ces récits merveilleux et nous renvoyons au livre de Labarte ceux qui voudront se faire une idée des richesses de Sainte-Sophie. Nous avons seulement voulu indiquer à quel point l'art qui nous occupe devait être le collaborateur obligé d'un tel travail. Les successeurs de Justinien continuèrent ce luxe anssi bien pour l'ornementation des palais et le décor du costume, que pour la parure du temple. Les armes, les cuirasses, les carquois et les casques redevinrent, comme aux temps antiques, prétexte à ciselures et c'était honorer le soldat courageux que d'illustrer d'ornements et de reliefs le métal de son armure. L'hérésie des iconoclastes vint modifier l'art de l'orfèvre.

Léon III, l'Isaurien (717), en persécutant les chrétiens fidèles au culte des images, détermina l'émigration d'une foule d'artistes, dont les plus habiles passèrent en Italie et que les papes accueillirent avec faveur.

Ces artistes n'arrivaient pas d'ailleurs chez des peuples moins habiles. Pour avoir été envahie par les barbares, l'Italie n'avait pas perdu le culte de la forme et du dessin. Théodoric, lorsqu'il avait battu Odoaire et s'était établi dans Ravenne, s'était voulu faire le restaurateur des arts. Il n'avait pas seulement sauvé ce qui restait à Rome des chefs-d'œuvre de l'art antique, il avait rappelé à lui les sculpteurs, les architectes et les orfèvres qui n'avaient pas fui et s'était plu à leur donner des travaux.

Ce serait une grave erreur, du reste, de ne voir dans ces peuplades barbares que des destructeurs ignorants, incapables d'apprécier ou d'imiter les arts des peuples civilisés. D'où qu'ils vinssent, ces barbares avaient eu de fréquents contacts avec les nations méridionales, vainqueurs ou vaincus ils avaient porté la guerre ou avaient été visités eux-mêmes par les armées conquérantes. Il n'est pas un pays d'Europe où des fouilles récentes n'aient exhumé les traces d'un art antérieur aux premiers siècles de notre ère; et partout cet art se rattache au métal. En Scandinavie ce sont des ornements de bronze aux entrelacs ciselés sur pièce. En Russie ce sont des bijoux d'or découpés ou repoussés, où l'imitation des formes grecques

Fig. 287. — *Bronze du VI^e siècle (collection B. Fillon).*

s'allie à la copie des rennes et des animaux du pays. L'Irlande avait ses ciseleurs et ses orfèvres avant l'introduction du christianisme, partout les peuples sávent travailler le fer et le bronze dont ils font leurs armes, partout leurs chefs possèdent un trésor qu'ils portent avec eux et qui va s'augmentant du butin nouveau, partout guerriers et femmes aiment à se parer d'ornements où le ciseau a tracé des dessins. Le Musée de l'Ermitage, en Russie; le Musée de Bucharest, le Cabinet des antiques, à la Bibliothèque de Paris; le Musée gaulois de Saint-Germain contiennent les échantillons d'un travail bien personnel aux peuples dits barbares.

N'est-il pas dès lors évident qu'après les conquêtes, qu'après le mélange des races, devait se faire aussi le mélange des ouvriers. Les Goths et les Lombards apprirent en Italie ce que les artistes grecs et romains avaient enseigné aux Gaulois, aux Germains, aux Bretons, ce que savaient les colons d'Espagne avant l'arrivée des Vandales, ce que ceux-ci reportèrent en Afrique quand ils y

furent chassés par les Visigoths. Dans ce perpétuel mouvement des peuples nomades pressés, poussés par les nouveaux venus, les trésors passent du vaincu au vainqueur, des ouvriers naïfs les copient, l'art chrétien s'y mêle et dès l'époque mérovingienne, nous constatons sur notre sol un art national qui n'a de similaire en aucun pays. Ce ne sont pas seulement les belles armes du tombeau de Childéric que nous ont rendues les sépultures franques, ce sont des bijoux d'or et d'argent ciselés, des plaques de ceinturon aux entrelacs très caractéristiques où la marque du ciselet est toujours imprimée.

L'alliance avec le style romain de ce que nous appelons le style gaulois est nettement exprimée dans les ornements qui couvrent les trophées d'armes de l'arc d'Orange. La pierre a, mieux que le métal rouillé des fouilles, conservé le caractère des armes gauloises. Un spécimen curieux de ce que fut à son déclin l'art gallo-romain, c'est la victoire ailée qui appartient à M. Benjamin Fillon. Elle est attribuée au VIe siècle (fig. 287), mais quelque intéressante qu'elle soit pour l'étude de la sculpture, de la fonte et de la ciselure en France, elle est fort inférieure à ce que dût être le vase de la légende, ce fameux vase de Soissons que réclamait saint Rémy et que Clovis ne pût obtenir dans sa part de butin. Précieux pour le culte, il devait être précieux aussi par le travail, peut-être était-ce un vase antique comme ceux apportés d'Espagne, par Brunehaut (566) quand elle vint occuper le trône d'Austrasie. Childebert rapporta de ses guerres contre Alaric des vases d'or et d'argent, des boîtes d'évangéliaire, des ornements sacrés de fabrication ancienne ou étrangère, mais il est certain que Reims avait des ateliers d'orfèvres, et Grégoire de Tours ne parle pas seulement des objets d'or et d'argent dont les évêques décoraient leurs églises, il dit l'orgueil que mettait Chilpéric à montrer les plats et les bijoux fabriqués par ses ouvriers. Il parle, des boutiques d'orfèvrerie qui étaient à Paris, près de l'église Notre-Dame. La burette et le plateau d'or trouvés à Gourdon et conservés au Cabinet des médailles, sont catalogués par M. Chabouillet, sous la date du VIe siècle. D'ailleurs les ateliers d'orfèvrerie se multipliaient rapidement dans les monastères. Les moines et les évêques revenant des lieux saints s'arrêtaient à Byzance, en rapportaient des présents, y achetaient des ornements sacrés ou ramenaient avec eux des ouvriers qui transmettaient aux nôtres les procédés de leurs métiers. La croix servait d'enseigne à ces ateliers, où trouvaient un refuge tous ceux qui préféraient à la carrière des armes l'étude des lettres et des arts. Bien que l'influence de l'école byzantine paraisse s'être produite bien plus dans les ouvrages d'émail que dans les œuvres de ciselure, il est logique de croire que les orfèvres ne devaient pas plus ignorer l'art de ciseler tel qu'il était pratiqué en Orient que l'art d'émailler. Mais on peut à bon droit affirmer que la sculpture en métal était assez avancée chez nous pour prendre, sous la direction d'un maître, l'importance et le caractère qu'elle acquit au VIIe siècle avec saint Eloi.

Si les ouvrages de saint Eloi ont presque tous disparu dans la tourmente révolutionnaire, du moins avons-nous dans l'histoire que lui a consacrée saint Ouen, évêque de Rouen, dans les états administratifs de Suger, qui fût évêque de Saint-Denis, dans l'inventaire du trésor de cette abbaye, par Felibien, dans les écrits enfin de l'abbé Migne, de Labarte et de F. de Lasteyrie, la liste à peu près complète des œuvres du saint orfèvre. Il serait plus facile de prouver qu'il ne pratiqua pas l'émail que de démontrer qu'il ne cisela pas ses pièces d'orfèvrerie : Limoges, où naquit Eloi, avait un atelier monétaire ; cet atelier etait dirigé par Abbon, dont Eloi fût l'élève. C'est donc par la gravure des coins et des matrices que saint Eloi commença son apprentissage d'orfèvre et d'artiste, et dans la description des reliquaires et des châsses de Saint-Denis ; de Saint-Martial, à Limoges ; de Saint-Victor, à Paris ; de Saint-Martin, à Tournay, et des croix, des crosses abbatiales, des candélabres, des autels et des tombeaux de Saint-Germain, de Sainte-Geneviève, de Saint-Séverin, de Saint-Quentin, de Sainte-Colombe, la part est faite large à un art dont les figures et les ornements d'or repoussé formaient l'élément essentiel. Saint Eloi était non moins habile forgeron et sa fortune auprès du roi Clotaire est due, suivant l'histoire et la légende, à l'honnête emploi qu'il fit de l'or qu'on lui avait confié pour la fabrication du trône royal. Ce qui restait de métal, l'orfèvre l'employa à orner un second fauteuil, et M. Ch. Lenormant, dans une savante dissertation du texte de saint Ouen, démontre que le fauteuil de bronze, dit *de Dagobert*, que conserve la Bibliothèque de Paris, doit être l'œuvre même de saint Eloi, ce deuxième siège, qu'il aurait doré avec l'or épargné sur le premier. Le fauteuil de bronze du Cabinet des médailles est une œuvre de ciselure autant que de fonte et d'orfèvrerie. (V. la fig. art. Chaise.) Le sceptre de Dagobert, que conservait le trésor de Saint-Denis et dont le dessin nous a été gardé par Félicien n'avait pu être parachevé non plus que par un ciseleur. En même temps l'orfèvrerie florissait en Italie et en Espagne sous la protection de Théodelinde, reine des Lombards (625) et du roi goth Reccesvinthus (649-672). Le trésor de Monza et celui de Guarrazar en ont conservé de précieux témoignages.

Les ciseleurs cependant n'étaient pas restés, dans l'exécution de ces ouvrages, les ingénieux artistes qu'avaient été leurs devanciers. Ils étaient moins inventeurs que collaborateurs de l'orfèvre, et sur les pièces que nous possédons, ils n'ont eu qu'à corriger les défauts de la fonte, à retailler dans le fer et le bronze, les ornementations auxquelles la gravure ne donnait pas assez d'accent. C'est par le développement des fabriques de Limoges, de Verdun, de Trèves, de Reims, de Cologne que Charlemagne vint donner l'impulsion à toutes les branches de l'orfèvrerie, il avait en Italie vu les restes de l'art ancien à côté des ouvrages byzantins, il avait pénétré chez les Maures d'Espagne et avait reçu d'Asie les présents du calife Haroun-al-Raschid. Il sut appeler près de lui les artistes et prodiguer les modèles : la sculpture sur métal participa de la protection qu'il accorda à l'orfèvrerie dans chacune des juridictions de son empire. Nous n'oserions attester l'authenticité des bijoux conservés au trésor impérial de Vienne et qu'on dit provenir du grand Empereur, mais l'inventaire de l'abbaye de Saint-Ricquier, dressé en 831, par Angelbert, aussi bien que la description par Eginhard des vases d'or ciselés, de la clôture du chœur et des portes de bronze de la basilique d'Aix-la-Chapelle indiquent une fabrication singulièrement avancée pour le décor des formes. Nous n'en voulons pour exemple que ce que dit le même Eginhard à propos du trésor légué par Charlemagne : il s'y trouvait trois tables d'argent, dont l'une représentait la ville de Constantinople, une autre le plan de Rome, et la dernière était composée de trois disques, où le globe terrestre, les constellations et les mouvements des planètes étaient figurés par des ciselures en relief avec tant d'art et de beauté, que Louis-le-Débonnaire voulut retenir ce dernier objet de préférence à tout autre. (Eginhardus, *Vita Caroli Magni.*)

Les trésors d'orfèvrerie qui furent ensevelis à Aix-la-Chapelle avec Charlemagne tentèrent ses successeurs au point de leur faire surmonter le respect et la crainte. Othon III ouvrit le premier la sépulture et vola la croix d'or, Frédéric Barberousse prit la couronne, le sceptre, le trône, l'évangéliaire et le bouclier d'or et crut racheter son larcin en faisant canoniser Charles-le-Grand.

Les successeurs de Charlemagne, tant en France qu'en Allemagne, continuèrent à aider au développement des arts du métal. J. Labarte et F. de Lasteyrie citent des textes nombreux à l'appui, nous nous bornons à donner pour exemples de la ciselure au IXe siècte, la châsse de

saint Maurice, la statue de Sainte-Foy du trésor de Conques, dont M. Alfred Darcel a fait la description savante, et le retable d'or qu'avait donné aux religieux de Saint-Denis le roi Charles-le-Chauve quand il fût par eux choisi pour abbé. Rien ne subsiste de cet ornement d'autel que la copie qu'en fit minutieusement Van Eyck, mais son tableau qui est à Londres dans la galerie de lord *** concorde de tous points avec la description de dom Doublet (antiquités de l'abbaye de Saint-Denis). Dans la décoration de cet autel il s'agit seulement du retable où sont ciselées sur or et disposées en trois arcades les figures du Christ et de six apôtres. La croix; donnée par Suger, les colonnes, les anges et le reliquaire de saint Louis, placé derrière l'autel étaient du XIIIe siècle; Viollet-le-Duc écrit lui-même que le « délicieux tableau de Van Eyck est exécuté avec une finesse et une

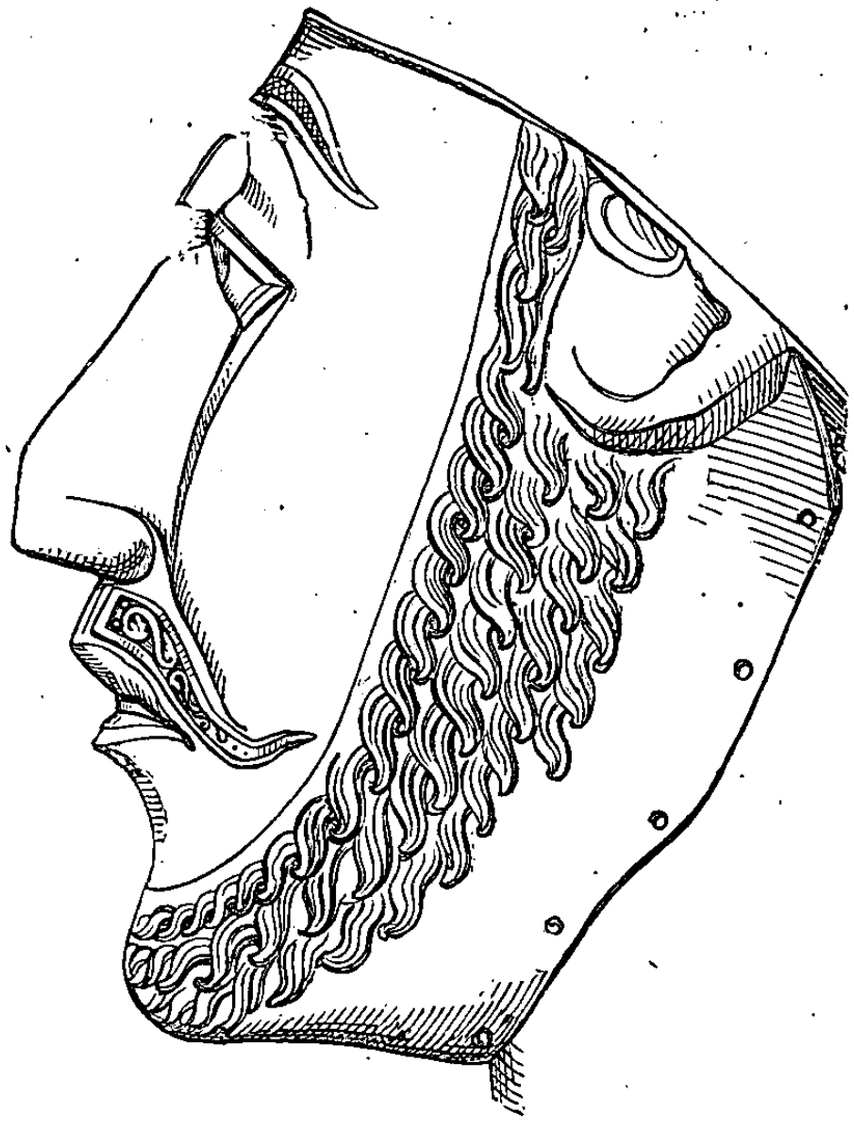


Fig. 288. — *Chef de Saint-Candide.*

exactitude si remarquables que l'on distingue parfaitement jusqu'aux moindres détails du reliquaire et du retable, » et « le caractère particulier aux différents styles. » C'est à des parements d'autels que devaient surtout travailler les ciseleurs en ce temps-là. Ansigile avait fait don au monastère de Luxeuil d'un devant d'autel d'argent aux figures en bosses. Et à la fin du règne de Charlemagne, Angilelme, évêque d'Auxerre, avait fait orner de bas-reliefs d'argent le grand autel de l'église Saint-Etienne.

C'est au IXe siècle que l'orfèvrerie religieuse prend en Italie une importance considérable, les abbés du mont Cassin attirent des artistes grecs et fondent leur fameuse école; ils meublent de leurs travaux la célèbre abbaye. Venise, déjà riche en produits de l'art byzantin, accueille les meilleurs ouvriers et remplit son trésor d'œuvres d'orfèvres. L'archevêque Angilbert, à Milan, décore Saint-Ambroise et confie à Volvinius (835) l'exécution du Paliotto. Ce paliotto ou parement d'autel n'a pas été fondu comme celui de Saint-Denis, il demeure le monument le plus complet et le plus intéressant de l'orfèvrerie du IXe siècle, l'émail et les pierres y produisent une coloration harmonieuse, mais elles ne jouent qu'un rôle accessoire auprès des figures qui sont en très grand nombre et qui par le dessin, le style et les perfections du repoussé et le caractère de la ciselure font de cet ouvrage un des plus importants pour l'art qui nous occupe. Quelques-unes des figures qui manquaient ont été refaites au dernier siècle. (V. dans les *Arts au moyen âge*, de Du Sommerard, une belle gravure coloriée du Paliotto de Saint-Ambroise.)

C'est à la fin du IXe siècle qu'il faut attribuer l'exécution en argent du chef de Saint-Candide, qu'on voit à Saint-Maurice, dans le Valais. La gravure ci-jointe (fig. 288) indique bien le travail au coquillé tel que nous l'avons décrit, mais le dessin des sourcils et des moustaches fait avec des filigranes est plus une œuvre d'orfèvre que de ciseleur. (V. l'*Architecture des diocèses de Genève, de Lausanne et de Sion*, par Mr Blavignac.)

Mais l'art allait souffrir d'une terrible atteinte. Les incursions des Normands et des Hongrois en France, la molle résistance des derniers Carlovingiens, les empiètements des grands, les guerres d'Othon-le-Grand en Hongrie, en Bohême, en Lorraine et en Italie troublèrent profondément l'Europe au Xe siècle; cependant si l'orfèvrerie ne subit pas la décadence commune aux arts et aux lettres, c'est qu'une étrange croyance assignait à l'an 1000 la fin du monde, et que guerriers, rois et empereurs offraient aux églises leurs biens et leurs trésors que recevaient ou transformaient les orfèvres. au fond des abbayes et des monastères.

Cette générosité, que la crainte avait inspirée, la reconnaissance et la confiance ranimées des peuples et des rois l'accrurent encore, et par tout le monde catholique au lendemain de cette date redoutée on vit comme un cantique de pierre s'élever les églises. Leurs trésors s'enrichirent encore; Robert-le-Pieux régnait en France, Othon II venait de mourir en Allemagne. La dévotion du roi de France ne le cédait pas à celle de l'impératrice Théophanie qui restait veuve et régente de l'Empire.

C'est elle qui, pendant la minorité de son fils, Othon III, fit venir de Constantinople l'abbé Bernward et lui fit donner l'évêché d'Hildesheim, de-même que Robert avait donné à Richard l'abbaye de Saint-Viton, à Verdun. Ces deux orfèvres, que l'église a faits saints et que l'art a faits grands, contribuèrent avec Willegis, archevêque de Mayence, au perfectionnement de toutes les branches de l'orfèvrerie sur les deux rives du Rhin; bien qu'apportant avec eux les traditions byzantines, ils adoptèrent dans leurs ouvrages la flore particulière à l'art roman. C'est à l'abbé Richard, dit Labarte, qu'il faut attribuer surtout l'introduction du repoussé en France. Il faut dater de son temps la belle boîte d'évangéliaire (D. nº 711) qui est dans la galerie d'Apollon au Louvre et qui fait partie du trésor de Saint-Denis (1). Si pour l'histoire de l'émaillerie elle est d'un précieux enseignement, le bas-relief qui en occupe le centre n'est pas moins intéressant pour le ciseleur et je crois ce repoussé de travail français, on le peut comparer au beau repoussé d'argent que possède le Louvre et qui lui vient également de St-Denis (D. nº 709). Cette dernière plaque qui représente les Saintes femmes au tombeau est du Xe siècle et de fabrication grecque. Au contraire de l'abbé Richard, qui pratiquait le repoussé, saint Bernward paraît s'être complu à fondre les ouvrages en bronze ou en argent et à les reprendre par la ciselure. Le crucifix, la crosse épiscopale et la couverture d'évangéliaire qui sont encore à Hildesheim sont faits ainsi, et Tangmar, prêtre contemporain qui a écrit l'histoire de Bernward, mentionne quelques œuvres faites par le même moyen, car il insiste sur leur poids considérable.

Nous n'avons pas à aller chercher si loin le plus admirable ouvrage de ce temps : il est au Musée de Cluny.

(1) V. dans le Trésor artistique de la France, édité par Dalloz, la photochromie et l'étude consacrée par M. L. Falize à la boîte d'évangéliaire.

C'est l'autel d'or qu'avait donné saint Henry à la cathédrale de Bâle ; Henry le boiteux, duc de Bavière, avait été élu empereur d'Allemagne après la mort du fils de Théophanie. Ce fut pour accomplir un vœu à saint Benoît et après un voyage au Mont-Cassin qu'il commanda ce magnifique ouvrage, qui ne le cède pas au Paliotto de Saint-Ambroise.

Où fut-il exécuté? En Italie ou en Allemagne? Contrairement à l'opinion de ceux qui veulent que l'autel de Bâle soit de fabrication italienne, l'attribuant, soit aux orfèvres lombards comme l'autel de Milan, soit aux religieux du Mont-Cassin, Labarte prétend qu'il est l'ouvrage d'artistes allemands, et va même jusqu'à affirmer qu'il dût être fait par saint Bernward, ou sous sa direction. Quoi qu'il en soit, c'est parmi les monumeuts du moyen âge le premier où la part de la ciselure soit aussi large, aussi belle. Les figures, bien que raides d'attitude, ont un grand style et présentent des qualités de modelé, de repoussé, qui font de l'autel de Bâle un intéressant morceau d'étude pour les gens du métier.

L'école rhénane entrait alors dans le plein développement de sa splendeur et ses ouvrages se répandaient sur les deux rives du Rhin, en même temps que ceux de Limoges (opus Lemovicense) étaient recherchés non seulement en France, mais par toute l'Europe. Si nous avions à écrire une histoire de l'orfèvrerie, ce serait l'occasion de nous appesantir sur cette belle époque, mais on y reviendra dans cet ouvrage et notamment à l'article Email. C'est qu'en effet les artistes limousins s'adonnaient de préférence aux décors d'émaux champlevés, tandis que les orfèvres de Cologne et d'Hildesheim pratiquaient encore le cloisonné et qu'avec ceux de Paris, de Verdun, de Reims, ils semblent s'être donnés de préférence aux reliefs du métal, aux figures et aux ornements fondus ou repoussés. Les filigranes, les cabochons de pierres et les émaux n'y sont qu'un accompagnement au sujet principal qui reste œuvre de sculpture.

Le XIe et le XIIe siècles appartiennent à l'orfèvrerie religieuse, tous les arts sont consacrés à l'ornementation des églises : les statues et les bas-reliefs gagnent en correction et en liberté, et si, dans la représentation du Christ, de la Vierge et des anges, un type unique semble imposé, l'artiste s'affranchit des règles anciennes dans l'exécution des autres figures, copie le costume, les armes et les ustensiles de son temps, donne aux visages la ressemblance de ses modèles ; c'est une révolution dans la sculpture de pierre et de métal.

Quelques évêques voulurent s'opposer à ce mouvement d'affranchissement, les abbés de Citeaux avaient déjà commencé de réagir contre le luxe des églises, quand saint Bernard se fit l'avocat de leur doctrine : « On voit de toutes parts, disait-il, une si grande quantité de sculptures, les sujets en sont si variés, les formes si diverses, qu'on peut lire plus d'histoire sur les murs que dans les saintes écritures, et que les religieux consument leurs journées à les admirer plutôt qu'à méditer la parole du Seigneur. Si l'on n'est pas honteux de tant de futilités, comment ne pas regretter tant de dépenses ! (1) »

C'en était fait peut-être des arts en France, si une voix non moins autorisée ne s'était élevée, celle de Suger, qui d'abbé de Saint-Denis, était devenu ministre et régent du royaume et qui, personnellement visé par le saint abbé de Clairvaux, répondait : « Que chacun pense sur ce point ce que bon lui semblera ; quant à moi, j'avoue que je me complais dans cette opinion que plus les choses ont de prix et plus elles sont précieuses, plus il y a d'obligation de les consacrer au service du Seigneur. Si, dans l'ancienne loi, les commandements de Dieu et les ordres des prophètes prescrivaient l'emploi de coupes et de bassins d'or, pour faire les libations et recevoir le sang des boucs et des génisses, offerts en sacrifice, à plus forte raison devons-nous consacrer l'or, les pierres précieuses et les matières les plus rares aux vases destinés à recevoir le sang de Jésus-Christ (1). »

Et Suger, ayant rebâti l'église abbatiale de Saint-Denis, la décora de sculptures sur pierre, en refit le mobilier, en augmenta le trésor. Il appela d'Allemagne et de Lorraine des artistes réputés, qu'il adjoignit aux orfèvres parisiens et c'est à lui qu'est dû l'achèvement du maître autel, dont nous avons déjà parlé au sujet du retable de Charles-le-Chauve. Il fit faire la châsse de saint Denis et de ses deux compagnons, et sur l'emplacement qu'avaient occupé primitivement les reliques des trois martyrs, il fit élever la magnifique croix qui longtemps a gardé son nom et qui avait été respectée par les rois, par le peuple, par les Anglais, par les huguenots jusqu'à la Ligue : elle fût enlevée et fondue en 1590, par le duc de Nemours et le prévôt des marchands (V. *Histoire de Saint-Denys*, par Dom. Doublet).

Des dons de Suger à l'abbaye, nous avons conservé le vase de cristal de roche monté en or et le vase antique de porphyre à monture de vermeil, dont le col à tête d'aigle et les anses en forme d'ailes, sont d'un bon travail de ciselure. Ces deux vases sont au Louvre, mais que sont devenues les portes de bronze dont les bas-reliefs représentaient la passion et la résurrection du Christ et dont il avait fermé l'église abbatiale ? que sont devenus les vases d'or, les croix, les grilles d'argent, les ornements précieux dont parle Felibien? La Convention les a mis en lingots et les gens ignorants de 93 n'y ont pas trouvé, dit Labarte, la centième partie de la valeur qu'ils auraient aujourd'hui.

C'est vers le même temps que le moine Théophile écrivait en Allemagne le *Diversarum artium Schedula* ou s'il est vrai que ce livre soit antérieur au XIIe siècle, c'est un argument de plus à l'appui du rapide progrès de la ciselure en Allemagne. En effet, s'il s'attache à décrire les procédés de la peinture, de la mosaïque et généralement de tous les arts industriels, Théophile ne consacre pas moins de 79 chapitres à l'orfèvrerie seule — et parmi ceux-ci le treizième appartient à la ciselure, il en décrit les outils « de *ferris ad ductile* » — il explique comment sont faits les ciselets : « prenez, dit-il, des fers longs d'une palme, plus gros du bout sur lequel on doit frapper avec le marteau et de l'autre plus effilés, fins, ronds ou pointus, que vous aurez préparés pour ce travail » — et minutieusement il suit l'opération du ciseleur pour relever les figures sur l'or « *ad exprimendas imagines ductiles in auro*, » — il explique le travail du marteau, il dit comment l'orfèvre fait entrer le métal dans les creux d'un moule (V. plus haut ce que nous avons dit du *coquillé*). Il décrit les procédés de la fonte et recommande à l'orfèvre d'en corriger les défectuosités et d'en achever les finesses au burin et au ciselet. Tout son livre est une méthode raisonnée, une encyclopédie des arts et des métiers, où quelques-uns ont voulu relever les erreurs et les préjugés particuliers à son temps, mais qui, pour le savant et l'ouvrier, explique clairement ce que ne donnent pas des manuels plus modernes et prouve que Théophile avait étudié et vu pratiquer tout ce qu'il a décrit. Si donc l'auteur a pu faire un tel livre, c'est prouver combien étaient avancés les ateliers d'orfèvrerie en Allemagne ; il le constate au surplus, quand il écrit : « Si tu l'approfondis attentivement, tu y trouveras les travaux délicats d'or, d'argent, de cuivre et de fer que préconise l'industrieuse Germanie (2). »

Nombreuses sont encore les œuvres des orfèvres de l'Ecole rhénane, nombreuses surtout les châsses ; il semble même qu'elles aient été d'une mode particulièrement répandue aux XIe et XIIe siècles, car elles sont restées dans les églises d'Italie, de France, de Belgique et

(1) Saint Bernard, Apolog. ad. Guillelm.

(1) *Sugerii, Liber de rebus in administratione sua gestis*, Duchesne.
(2) *Traduction du comte de l'Escalopier*, page 9.

d'Allemagne, plus nombreuses que tous les autres meubles et instruments du culte. L'abbé Fr. Bock (1) compte dans le seul diocèse de Cologne trente châsses de cette époque qui sont dignes d'étude, parmi lesquelles celles de saint Servais, celle de saint Albinus, celle de sainte Ursule et celle de saint Eribert. Mais nous désignons, comme les plus belles et les plus intéressantes au point de vue de la ciselure, la châsse de saint Servais, qu'a conservée absolument intacte la cathédrale de Maestricht (Hollande) et la magnifique châsse des rois mages du trésor de Cologne. C'est à l'extrême limite du XIIe siècle qu'il faut faire remonter l'exécution de cette merveille, imitée de la châsse donnée par Suger à l'abbaye de Saint-Denis. Enlevée de la cathédrale, lors de l'occupation française, la châsse des Rois Mages avait souffert et a dû être restaurée; mais elle présente dans ses parties anciennes, outre des émaux harmonieux de tons, des ornements ciselés d'une grande élégance et de nombreuses figures en ronde-bosse, entièrement exécutées au repoussé; elles sont d'une correction, d'une grâce et d'un charme surprenants pour l'époque. L'orfèvre inconnu, qui fit ce chef-d'œuvre, était un artiste éminent dont le sentiment et l'habileté ne le cèdent pas aux artistes d'Italie qui vinrent plus d'un siècle après lui. Voir encore la châsse de saint Potentien qui est au Louvre et qu'a décrite notre collaborateur M. Alf. Darcel.

Cependant, une révolution avait changé l'esprit de l'Europe; emportés par une grande exaltation de foi chrétienne, ses peuples s'étaient rués vers l'Asie, les croisades succédaient aux croisades et dans ce mouvement continuel d'armées victorieuses ou battues, un courant de sensations nouvelles avait modifié le caractère de nos contrées. Des pays qu'ils traversaient, nos pères rapportaient une vision resplendissante; leur imagination, charmée par ce magique Orient, s'exaltait encore aux récits des Trouvères; ceux qui n'y avaient pas touché, se laissaient emporter vers cet inconnu, car il y avait dans cet élan des chrétiens plus de curiosité que de piété véritable. Tout ce qu'ils rapportaient était reliques : la page enluminée du Coran, le tapis aux riches couleurs, l'armure damasquinée, les bijoux arabes, les vases d'argent ciselé, les meubles incrustés de nacre, tous ces étincelants produits des bazars de Jérusalem, de Damas ou du Kaire, étaient appréciés à l'égal des feuilles séchées du mont des Oliviers et des pierres du Golgotah. Les lettres et les arts subirent à ce contact une modification profonde, ce fut un réveil pour l'Europe avide de nouveauté et impatiente de sortir d'une règle et d'un esprit étroits. Ce fût la première, la grande Renaissance. Mais cette modification n'était pas causée seulement par la forme et par l'idée venues d'Asie, elle se manifesta différemment dans nos contrées et il serait aussi faux d'attribuer à l'influence arabe les principes de l'ogive qu'il a été ridicule de nommer *gothique* le style d'architecture le plus absolument français.

Le domaine royal avait, moins que toutes les autres parties de la France, subi les influences étrangères, là s'étaient conservées à un degré plus pur les traditions gallo-romaines, dit Viollet-le-Duc, là aussi devait éclore en même temps qu'un gouvernement national un *art national*. Ouverte à toutes les intelligences, attirant toutes les capacités, cette puissance royale avait déjà reçu de la grande abbaye de Cluny des savants, des lettrés, des médecins, des artistes, des évêques, des hommes politiques : elle en devait recevoir les architectes nouveaux. Cluny fut la grande école de la foi, de la science, des lettres et des arts et c'est à l'ombre de ses murs que fût créé tout entier le style ogival. Il en sortit sain, vigoureux et, transplanté dans l'Ile de France, il y poussa immédiatement de robustes et superbes rameaux. C'est sous Philippe-Auguste que furent commencés Notre-Dame de Paris, Notre-Dame de Chartres, Amiens, Noyon, Laon, Meaux, Soissons, Cambrai, Rouen, Arras, Tours et Séez; les cathédrales de Bayeux et de Coutances sont de la même période. Reims, Châlons et Troyes furent en Champagne les premiers édifices gothiques. Auxerre, Nevers et Lyon adoptèrent le type nouveau et Carcassonne, en passant en 1226 sous l'autorité directe du roi de France, reçut et conserva longtemps seule, au midi, l'architecture officielle.

En même temps architectes, sculpteurs et ouvriers échappaient à l'autorité directe des abbayes; s'ils consacraient leur art à l'édification et à l'ornementation des églises, ils quittaient l'habit religieux, ils suivaient dans leur mouvement d'indépendance les communes du centre et du nord. Les métiers se spécialisaient, les corporations se formaient, et parmi les plus puissantes la corporation des orfèvres, dont fondeurs et ciseleurs faisaient naturellement partie. Le *maître-de-l'œuvre*, pour lui rendre son nom, laïque comme les ouvriers et les artistes qu'il employait, commandait à tous et imposait ses plans et ses dessins. Bien peu parmi les noms de ces maîtres nous sont restés, ils ne signaient pas toujours leurs œuvres, et les premiers qui tracèrent l'ogive nous sont demeurés inconnus, mais Robert de Luzarches, à Amiens; Pierre de Montereau et Jean de Chelles, à Paris; Libergier, à Reims; Erwin, à Strasbourg; Villard de Honnecourt, à Cambrai, sont les incomparables architectes du XIIIe siècle, et si nous les avons nommés, c'est qu'ils n'inventèrent pas seulement les grands principes de l'art de bâtir, mais qu'ils renouvelèrent pour le métal autant que pour la pierre le mode d'ornementation. Eux et leurs disciples écartèrent tout ce qui restait des styles étrangers et retournant à la nature, ils cherchèrent dans la plante le thème des dessins, des sculptures, des peintures. C'est une révolution que nous devons signaler ici parce que elle est de haute importance pour l'orfèvre et le ciseleur autant que pour le tailleur d'images et d'ornements. Les artistes du XIIIe siècle prirent dans les bois et les champs leurs modèles. Le chardon, le trèfle, la fougère, le lierre, la vigne, le houx, la mauve, l'églantier, l'érable, le lizeron, le persil, le plantain, l'arum, l'iris, le muguet, le figuier, etc., furent tour à tour appropriés au travail de la pierre, du bois et du métal — non pas servilement copiés — mais interprétés de la plus intelligente façon. Que nos ciseleurs étudient et comparent : ce n'est pas la plante avec ses finesses et ses accidents qu'imitaient ces artistes, c'était le principe, la construction, le caractère de la feuille ou de la fleur qu'ils extrayaient pour en composer un ornement original et nouveau qui s'alliait au style de l'édifice ou du meuble. Fine, élégante, légère, découpée, nerveuse et solide malgré ses arêtes et ses moulurations délicates, pure quoique richement décorée, l'architecture de pierre du XIIIe siècle ressemble à une œuvre d'orfèvrerie. La Sainte-Chapelle est une véritable châsse miraculeusement ciselée par un ciseau divin, et par contre, l'orfèvre imite, avec l'or et l'argent, cette architecture dont les finesses s'accommodent si bien des ressources de son métier; la part du ciseleur grandit dans l'exécution de ces œuvres. Il n'y suffit pas de la lime et du marteau, il faut des outils plus délicats pour achever les menus détails. Les ornements ajourés des crêtes, les crochets des gables, les bouquets des pinacles, les moulures des ogives réclament un précieux fini. On ne se contente plus de bas-reliefs étampés et rehaussés de filigranes, on modèle d'élégantes figurines que l'on fond, que l'on coquille ou repousse, mais aussi bien dans la ciselure sur métal que dans la sculpture sur pierre, les proportions s'établissent, le mouvement s'assouplit, les étoffes affectent de jolis plis, l'expression naît, et le modelé devient plus savant et plus gras. La couverture d'évangéliaire des sœurs de Notre-Dame, à Namur; le reliquaire en cuivre repoussé du Musée de Cluny, la belle châsse de Nivelle, dont le *Magasin pittoresque* a donné une bonne gravure (année 1864, p. 329),

(1) *Das heilige Kœlm*, Leipsig, 1858.

le buste de Louis IX en or repoussé, donné par Philippe-le-Bel au trésor de la Sainte-Chapelle, sont des œuvres importantes dans l'histoire de la ciselure française au XIIIe siècle, mais rien n'égale la Vierge qu'offrit à l'abbaye de Saint-Denis la reine Jeanne d'Evreux, après la mort de Charles-le-Bel son époux. Cette gracieuse statuette est au Louvre dans la galerie d'Apollon, c'est l'un des plus beaux monuments de l'orfèvrerie française. L'attitude de la Vierge est gracieuse, le mouvement de l'enfant Jésus d'une adorable câlinerie, la conception du sujet est simple, mais combien est jolie la Vierge! Son visage a la beauté de certaines statues antiques, mais épurée d'un souffle chrétien et animée d'un sourire de maternelle tendresse; la main qui tient la relique est d'un modelé élégant et correct; l'enfant, un peu petit, a des gentillesses vivantes; les plis des vêtements sont souples et, en dépit des reflets du métal, s'harmonisent avec le mouvement du corps. Ce reliquaire et son socle sont une pure merveille de la ciselure dans l'orfèvrerie du XIVe siècle.

En ce temps-là ce n'est plus seulement pour l'église que travaillent les orfèvres : le luxe civil s'est développé au plus haut degré, malgré les lois somptuaires et les ordonnances royales. Des renseignements qui nous sont parvenus, les plus précieux et les plus authentiques sont ceux que contiennent les inventaires et on s'étonne de la profusion des bijoux, de l'importance de la vaisselle d'or et d'argent, de la richesse des pièces d'orfèvrerie que possédait un prince. L'inventaire du duc d'Anjou, frère du roi Charles V, est le plus connu : dans l'état qu'en a publié le comte de Laborde, on peut apprécier le rôle considérable que jouait la ciselure dans l'exécution des pièces d'un tel trésor. M. G. Bapst relève actuellement, d'après les parchemins retrouvés aux Archives nationales, l'inventaire du trésor de Jean II, père dudit duc d'Anjou, mais ni dans cet inventaire, ni dans celui du dauphin, dressé en 1363, ni dans celui du roi relevé après sa mort et évalué à 19 millions, il n'est fait mention du rôle particulier du ciseleur. Il nous faut donc lier étroitement le travail de la ciselure à celui de l'orfèvrerie et nous croyons qu'en effet tout orfèvre était plus ou moins apte en ce temps-là à manier le ciselet et le marteau. Nous avons tous les noms des gardes de l'orfèvrerie de Paris, depuis 1337, et rien ne nous autorise à en signaler un seul comme appartenant plus particulièrement à l'art que nous étudions. La Bibliothèque nationale possède une fort belle reliure d'or repoussé, commandée pour la Sainte-Chapelle en 1379 par Charles V, et l'église d'Altœtting, en Bavière, conserve un gracieux joyau, le Rössel d'or, orné de figures ciselées, qu'avait offert Isabeau de Bavière à son époux, en 1404. Ces deux intéressants chefs-d'œuvre de ciselure pourraient être attribués à Hannequin du Vivier qui est plusieurs fois cité dans les comptes, comme orfèvre des rois Charles V et Charles VI, cependant nous hésitons à le faire (V. Labarte et Lasteyrie).

Portée au plus haut développement, à la fin du XIVe siècle, l'orfèvrerie souffrit ensuite des misères publiques; les trésors vendus, engagés ou fondus disparaissent et ce n'est plus en France, mais en Italie qu'il nous faut rechercher les traces de la ciselure. L'art y avait pris une forme bien différente de celle qu'il revêtait ici, on s'étonne que pendant deux siècles, des pays voisins aient pu garder un caractère si distinct, avoir des ateliers si nombreux, des artistes si habiles, sans qu'aucun mélange de style, aucun emprunt de procédés se soient faits. L'art gothique n'avait pas poussé de solides racines dans le sol italien, et dès le milieu du XIIIe siècle un retour à l'antique s'était opéré. Ce fut à Sienne, mais surtout à Pise, que commença cette renaissance, qui ne devait gagner la France que deux cents ans après, et le premier artiste dont il convient d'écrire le nom est Jean de Pise, non seulement parce qu'il était fils de Nicolas et que celui-ci passe pour le créateur de la Renaissance italienne, mais parce que, sculpteur et orfèvre, Jean de Pise fût aussi un ciseleur émérite. Il fit, en 1286, le revêtement d'autel de l'église d'Arezzo, et Vasari, qui naquit en cette ville, en 1512, dût y trouver bien d'autres de ses ouvrages, aujourd'hui disparus, puisqu'il lui consacre une importante notice dans sa *Vie des peintres illustres*. C'est d'après lui qu'on attribue à Jean de Pise l'invention des *émaux de basse-taille* où la ciselure jouait un rôle important, et qui devront être minutieusement décrits plus loin quand il s'agira de l'*émail* ou sous le nom d'*émaux* translucides sur reliefs. Nous ne discuterons pas ici si le précieux et fin bas-relief qui sert d'excipient à l'émail et qui transparaît à travers les minces couches du verre coloré est œuvre de graveur ou de ciseleur. Il importe peu que l'outil tranchant qui a, dans l'épaisseur de la plaque, ramolayé et modelé le sujet, soit poussé par la main ou par le marteau. La définition donnée en tête de cet article en fait une œuvre de ciselure et c'est aussi l'opinion de J. Labarte et de M. Alf. Darcel. Nous nous bornons à citer, parmi les plus beaux émaux de basse-taille, ceux du reliquaire d'Orvieto, les plaques rondes du Musée du Louvre, inscrites dans la Notice du comte de Laborde, sous les nos 118 à 123, les volets du mignon tryptique de Pierre de Bourbon, dans la collection de sir Richard Wallace et l'enseigne à l'*Annonciation* qui appartient au comte Ad. de Rothschild. Ce sont des chefs-d'œuvre de ciselure autant que d'émail.

Jean de Pise eut pour élèves Agostino et Agnolo qui, venus de Sienne, semblent s'être fixés à Arezzo; c'est à eux que Vasari attribue la création dans cette ville des ateliers d'orfèvrerie d'où sont sortis d'habiles ciseleurs : Pietro et Paolo d'Arezzo et Forzore di Spinello.

Ce dernier avait eu pour maître le fameux Cione, dont on montre encore au Baptistère de Florence deux admirables bas-reliefs d'argent. Cione, qui eut pour fils le peintre Andrea Orcagna, était lui-même peintre, orfèvre et sculpteur; il enseigna l'art de modeler et de ciseler à de nombreux élèves, et si nous avons nommé Forzore, il convient surtout de signaler Leonardo, de Florence, qui vers 1366, commença avec Berto, fils de Geri, le parement d'autel de St-Jean-Baptiste, mais qui en abandonna l'achèvement à son émule, pour se consacrer à l'exécution du Paliotto de St-Jacques, à la cathédrale de Pistoïa. Ces deux revêtements d'autels sont dans l'histoire de l'orfèvrerie d'un intérêt capital, mais aucun monument ne convient mieux pour représenter l'histoire de la ciselure en Italie pendant le XIVe et une partie du XVe siècle. Tour à tour interrompus et repris au cours des guerres de la République, les travaux usèrent des générations d'orfèvres et de ciseleurs. Le Paliotto de Pistoïa avait été commencé, par Andrea d'Ognabene avant 1314, Giglio de Pise (1349), Piero de Florence (1357), Leonardo (1371), Pietro di Corrigo (1386), Nofri de Florence (1387), Atto et Nofri (1395) se succédèrent dans l'exécution de l'œuvre jusqu'aux premières années du XVe siècle, et Nicolao, Piero, le grand Bruneleschi lui-même, Lorenzo del Nero et d'autres encore l'achevèrent et l'embellirent.

Un moins grand nombre de ciseleurs eût part à l'exécution de l'autel du Baptistère de Florence. Demeuré seul, après le départ de Leonardo, Berto s'adjoignit Michele Monte, en 1377, puis Cristofano di Paolo qui paraît avoir terminé l'œuvre en 1402, à l'exception de la statue centrale. Aussi cet autel garde-t-il une unité de conception qui fait défaut dans celui de Pistoïa. Ce n'est qu'en 1451 que la statue de Saint-Jean-Baptiste fût commencée par Michelozzo.

Il nous a paru intéressant de résumer ici les notes que retrouveront savamment expliquées dans *Les arts industriels*, de J. Labarte (1), ceux qui seront curieux de les étudier. Nous l'avons fait, parce que les paliotti de Pistoïa et de Florence sont le point de départ de la grande école de ciselure qui allait modifier l'art de l'orfèvre en Italie,

(1) V. aussi les planches dans l'album de Labarte.

et se répandre par l'Allemagne, la France et l'Espagne, et parce qu'ils sont encore aujourd'hui les exemples les plus complets et les plus intéressants de cet art au XIVe siècle. C'est de cette école qu'allait sortir Ghiberti.

Elevé dans l'atelier de l'orfèvre Bartoluccio, son beau-père, Lorenzo Ghiberti avait vingt ans et venait d'arriver à Rimini, quand il fut rappelé à Florence pour prendre part au concours ouvert par la corporation des marchands (1401), pour l'exécution des portes de bronze de l'église Saint-Jean. Brunelleschi et Donatello étaient ses concurrents et, quelque belle que soit la plaque d'essai présentée au concours par Ghiberti et que garde le Cabinet des bronzes à Florence, celle de Brunelleschi, qu'on y conserve aussi, ne le cède ni par la composition ni par le modelé. Ce qui valut à Ghiberti d'être préféré par ses rivaux eux-mêmes, c'est la perfection du fini, c'est la beauté de la ciselure, c'est cet art charmant qui nous occupe ici et qui jamais n'avait reçu une telle consécration.

Ghiberti consacra près de cinquante années à l'exécution complète des portes du Baptistère, et si ce fut une œuvre de modelage et de fonte autant que de ciselure, l'artiste ne cessa pas de produire en de moindres ouvrages des chefs-d'œuvre de ciselure qui sont demeurés célèbres : le bouton de chape du pape Martin V, la mitre d'or d'Eugène IV, la châsse de sainte Zenobie, celle de saint Prothus sont, entre ceux que décrit Vasari, les plus remarquables par la beauté de la ciselure, ces deux derniers objets subsistent encore, l'un à la cathédrale, l'autre aux Uffizi de Florence. Malgré son art consommé de sculpteur, Ghiberti ne cessa jamais d'être orfèvre et n'agit pas en cela comme Brunelleschi, Donatello et A. Verrochio qui tous avaient manié la lime, la pince, le ciselet et le marteau et qui devinrent architecte, sculpteur et peintre. Ghiberti se complaisait aux délicatesses du bijou ; Vasari vante la finesse et l'adroit agencement de ses ornements, la grâce des feuillages ciselés, sa perfection du dessin et son habileté à repousser les figures en haut relief. Il mourut en 1455 et laissa deux fils Tommaso et Vittorio qui furent aussi des orfèvres de talent. On a de Ghiberti d'intéressants mémoires sur l'histoire de l'art.

Il laissait aussi des élèves comme Bernardo di Cenni, des émules comme Pollaiuolo qui fit la croix d'argent du Baptistère en 1665, et le casque et l'aiguière d'argent ciselé qu'offrit la République à Frédéric, comte d'Urbain, après la prise de Volterra.

La liste serait longue, des orfèvres de la deuxième moitié du XVe siècle, qui tenaient à l'art pur par des liens si étroits que le précieux métal décuplait de prix en leurs mains. Peu de leurs œuvres nous sont conservées, car c'est le sort des bijoux et des ouvrages d'orfèvrerie de retourner au creuset quand ils tombent aux mains des ignorants, et il a fallu que ces maîtres touchassent à des matières moins nobles, pour qu'elles nous fussent gardées. Finiguerra en devenant graveur, Lucca della Robbia en s'adonnant à la céramique, Domenico Ghirlandajo en décorant de fresques et de mosaïques les voussures des temples, et Francesco Raiboli, qui sous le nom de Francia, a marqué son rang parmi les peintres, tous ont été orfèvres et plus particulièrement ciseleurs. C'est de leurs mains que sortirent les premières et les plus jolies de ces plaquettes connues sous le nom de *Paix*, dont les épreuves en bronze ne sont, croyons-nous, que les surmoulés et qui pour la plupart devaient être exécutées au repoussé, quand elles n'étaient pas d'émail translucide ou incrustées de nielles. On sait la légende qui prête à Finiguerra l'invention de la gravure en taille douce par l'épreuve qu'il imagina de tirer sur un papier, en emplissant de noir le trait qu'il venait de graver sur l'argent.

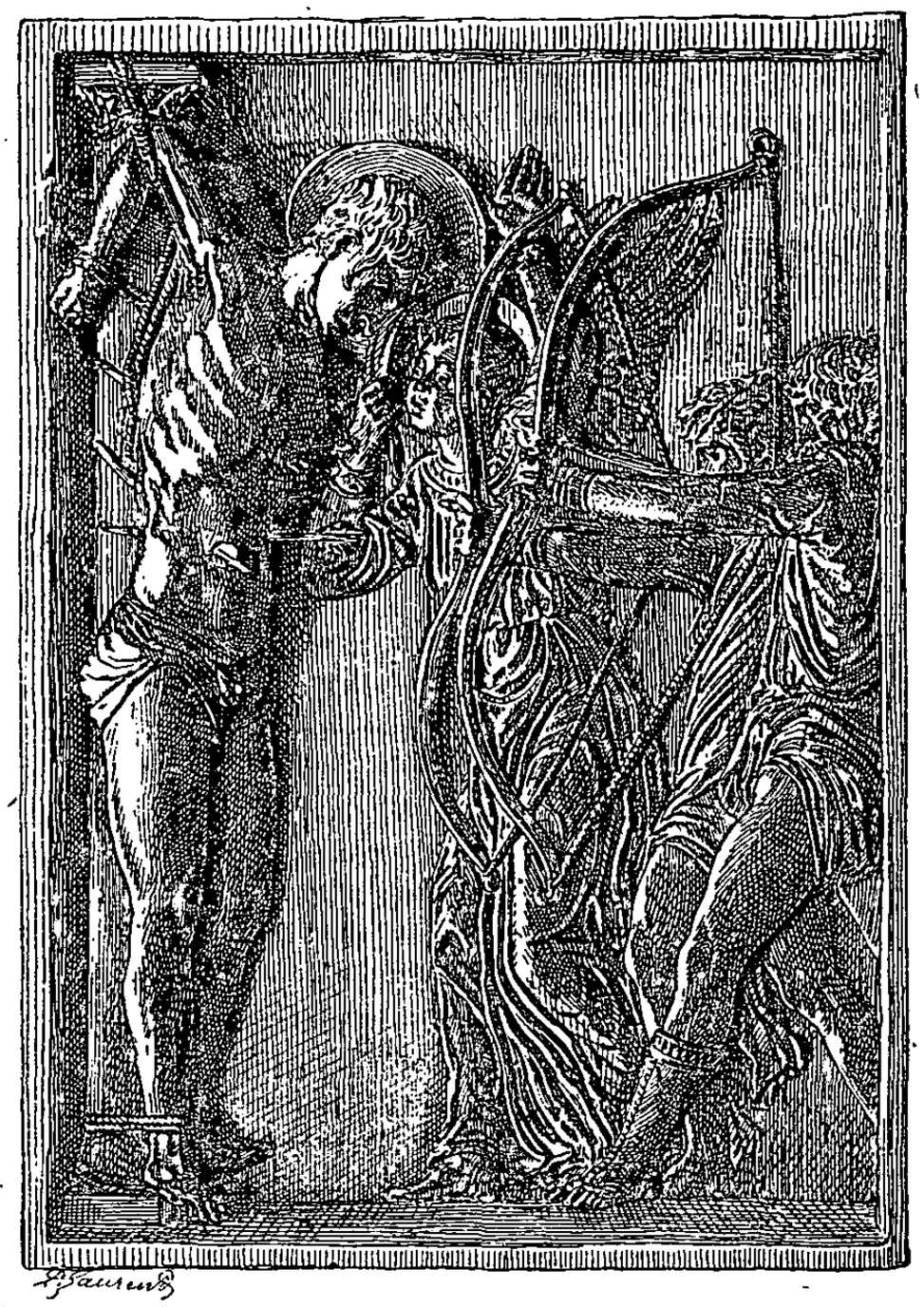


Fig. 289. — *Plaquette de bronze, par Donatello, coll. Ed. André.*

Ces plaquettes sont, autant et plus que les médailles, du domaine de la ciselure, car, nous le répétons, elles ne sont souvent que la reproduction en bronze, et même en plomb, d'un type primitivement obtenu au repoussé et ces épreuves n'étaient pour l'artiste qu'un souvenir de l'œuvre originale. Elles appartenaient aussi, par leur monture, à l'orfèvrerie proprement dite et nous n'en donnons pour exemple que la mignonne plaque de M. Bonaffé, qui est attribuée à l'orfèvre Caradosso par M. E. Piot ; elle était exposée au Trocadéro et a été gravée dans la *Gazette des Beaux-Arts*. Les collections G. Dreyfus, Courajod, Dutuit, Ed. André, B. Fillon, Spitzer sont riches en plaquettes de bronze de diverses époques ; M. His de la Salle en a légué au Louvre plusieurs qui sont fort belles et nous donnons le dessin du saint Sébastien, de Donatello, qui appartient à M. Ed. André : c'est bien tout ensemble le travail du modeleur et du ciseleur (fig. 289). En 1878, M. Castellani avait exposé toute une série de ces paix dont plusieurs étaient d'argent repoussé.

Il n'y a pas pour le ciseleur de motif plus charmant, de cadre plus commode, il y reste indépendant, n'est plus assujetti aux lois de l'orfèvre ; son tableau, car la plaquette est un véritable petit tableau, n'a pas les lignes courbes et fuyantes qu'impose la décoration d'un vase ; enfin, il jouit d'une liberté illimitée dans le choix de son sujet, car si dans l'origine la *Paix* était un des ornements essentiellement religieux et que le prêtre offrait aux

baisers des fidèles, les artistes italiens nous ont prouvé qu'ils s'étaient affranchis de cette règle, par la quantité de scènes d'histoire et de mythologie qu'ils ont modelées ainsi.

Vittore Pisanello (1451) n'était pas orfèvre, c'était un peintre de Verone; il fût le premier qui, à l'imitation des anciennes monnaies, fit les portraits-médaillons de bronze, que nous distinguons absolument ici des plaquettes. L'orfèvre n'avait point de part dans cet ouvrage et même, s'il se fût agi de ne tirer qu'une épreuve de chaque modèle, la fonte à cire perdue n'eut exigé du ciseleur qu'un bien faible concours; mais ces médailles étaient reproduites en grand nombre, elles devinrent du goût de ce peuple artiste au point que princes, papes, poètes, femmes et bourgeois eurent leurs médailles. Dès lors il fallut établir du modèle un typé étalon servant à la fonte des épreuves, il fallut, par la ciselure, en accuser le caractère parce que le moulage et la coulée en amollissaient les plans. Les délicatesses du modelé, la finesse des détails, le précieux fini du costume, des armes, des étoffes ou des dentelles indiquent de la plus absolue manière le travail de la ciselure. Qui était le ciseleur? Sans doute Pisano; le peintre qui sut modeler ses portraits en cire, pouvait être assez habile pour les retoucher au ciselet. Mais après lui la liste est longue des peintres et des sculpteurs qui s'adonnèrent à l'art des médaillons-portraits. Furent-ils tous les *finisseurs* de leurs maquettes? On le croit à voir de quelle touche hardie, de quel caractère mâle, de quel art personnel sont empreints ces portraits; alors donc ces artistes merveilleux du xv^e^ siècle avaient-ils tous les dons? peintres ils modelaient la cire, sculpteurs ils ciselaient le métal; si cela est vrai, il nous faut compter parmi les maîtres de la ciselure tous ceux que nomment M. E. Piot et J. Labarte et parmi eux Gentile-Bellini, le peintre vénitien. On fondait des médailles en France dès le milieu du xv^e^ siècle; nous possédons au Cabinet des médailles, une pièce d'or de Charles VII, portant la date de 1451, la plus ancienne; une autre de Charles VIII, fondue à Lyon en 1493; un jeton de la reine Anne, de 1499; une médaille de Louis XII, portant au revers le porc-épic. Mais la plus intéressante en ce qui nous regarde est la médaille d'argent, offerte en 1499 par la commune de Lyon à la reine Anne et au roi: elle a été fondue par Jean Lepère, orfèvre, modelée et *ciselée* par maistres Nicolas et Jean de St-Priest. Il y a des médailles fondues et ciselées de tous nos rois, depuis Charles VIII jusque et y compris Louis XIV. Regnault Damet, orfèvre parisien, fit en 1538 trois médaillons de bronze, grands comme nature. Dupré modela, fondit et cisela d'admirables pièces pour Henri IV, et son élève Jean Warin recisela la médaille à l'effigie de Louis XIV commandée pour l'inauguration de la colonnade du Louvre (1665), mais il avait perfectionné la gravure des coins et la frappe des médaillons et c'est alors qu'on cessa de les fondre et de leur donner de si hauts reliefs.

Mais revenons en arrière et, sans insister plus sur les progrès des orfèvres-ciseleurs d'Italie, notons que Milan, Verone, Venise, Bologne et Rome comptaient des artistes qui rivalisaient d'invention avec ceux de Sienne, de Pise et de Florence.

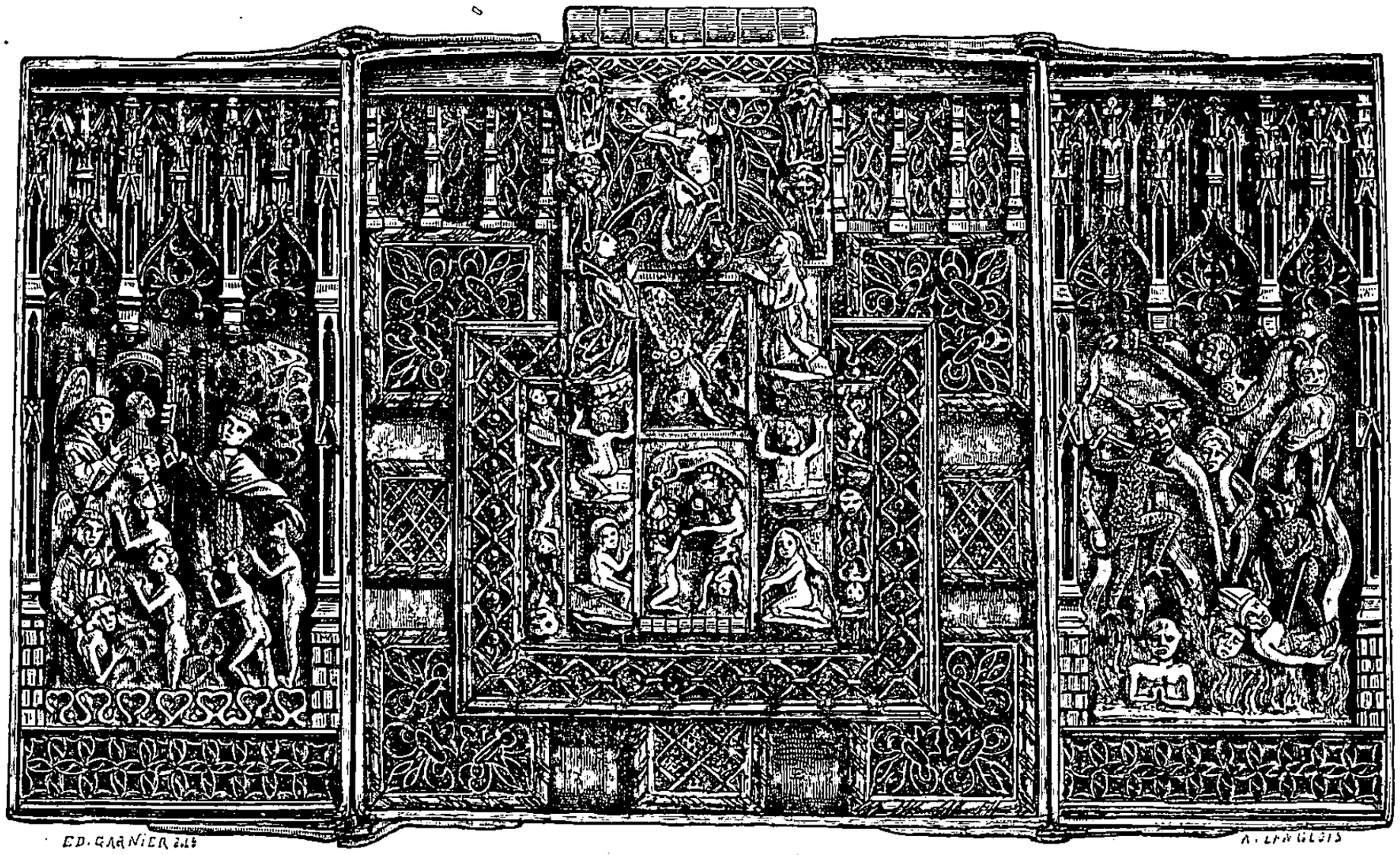


Fig. 290. — *Serrure en fer du XV^e^ siècle (collection Spitzer).*

Le progrès n'avait pas été partout si rapide. En France, la première moitié du xv^e^ siècle n'avait été qu'une suite de guerres, de misères et de ruines; la moitié du pays etait aux mains des Anglais et quelque adroits que fussent les gens des métiers, aucun artiste créateur n'était venu leur ouvrir une voie nouvelle. Nous n'en voulons pour preuve que l'intéressante serrure en fer ciselé et forgé qui fait partie de la collection Spitzer (fig. 290) et qui, par le travail de la lime et du ciselet, reste une pure merveille tandis que la composition du sujet a toute la naïve allure des sculptures d'un autre âge. Charles VI mort, la royauté errante s'efforce encore de déployer son luxe; le roi, mol et efféminé, aimait les fêtes et les joyaux et Duncis, dur à la guerre, se plaisait à porter dans les entrées triomphales de belles armures et des bijoux d'or. Son épée, bonne et fidèle, avait la poignée d'or et de pierres; la reine de beauté Agnès Sorel offrait à l'église de Loches un reliquaire, contenant les cheveux de Marie Madeleine et ce reliquaire d'argent coquillé représentait la Pécheresse repentante. N'é-

tait-ce pas une naïve et touchante confession de la royale maîtresse ?

Si les châsses et les orfèvreries d'églises gardent encore des édifices de pierre les formes architectoniques, les gables, les clochetons, les contreforts, les ogives, les détails y abondent; les statuettes de saints, les figurines d'anges, les galeries, les crochets, les ornements ajourés se multiplient et exigent une dépense considérable de ciselure. Dans l'orfèvrerie civile, au contraire, l'artiste se dégage de cette architecture compliquée et

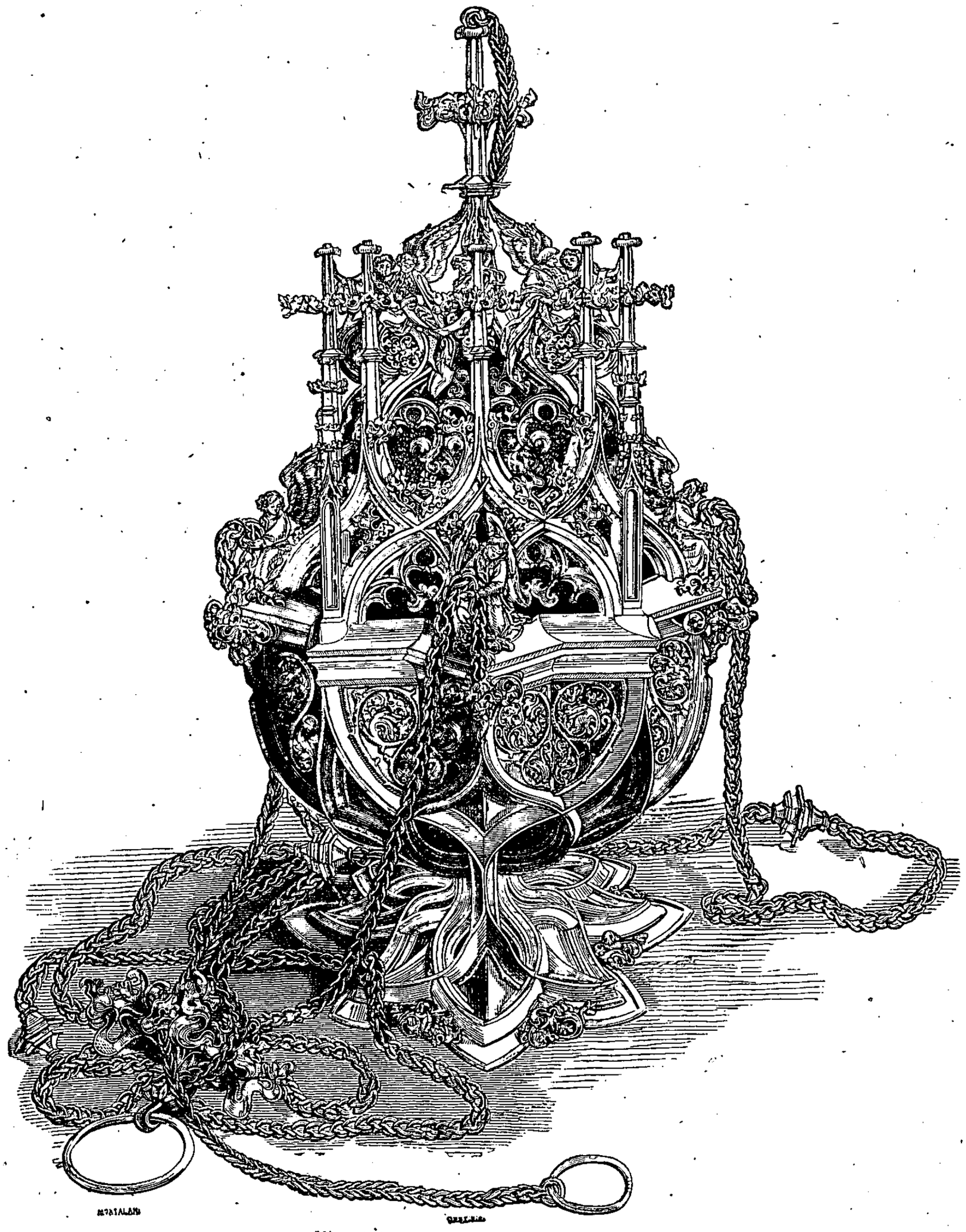


Fig. 291. — *Encensoir Martin Schœn.*

traduit en métal les modèles qu'il a sous les yeux. Ce sont des guerriers assiégeant des places fortes, des tournois, des scènes tirées des romans de chevalerie, là encore l'orfèvre donne au ciseleur le rôle principal dans l'exécution de l'œuvre. Généreux sans excès pour les églises, Louis XI n'imita pas son père dans son faste. On sait la simplicité de son costume. Le luxe s'était ré-

fugié à la cour du duc d'Anjou et à la cour de Bourgogne. Le bon roi René, sage administrateur, encourageait les arts, accueillait les orfèvres et les peintres étrangers, mais employait de préférence les artisans du pays. Dans ses comptes, qu'on a retrouvés et publiés, sont cités les noms de Jean Ligier, orfèvre, de Raoulin et de quelques autres. Plus prodigues, les ducs de Bourgogne entrete-

naient un peuple d'orfèvres ; Dijon avait de grands artistes, mais les Flandres faisaient partie du cercle de Bourgogne et les marchands à Bruges, les gens de métiers à Gand, les évêques à Liège, les seigneurs de Hainaut et de Brabant, à Bruxelles, fournissaient aux travaux des nombreux orfèvres dont l'art appartient, autant que celui des peintres, à la naissante école flamande.

En effet, l'art flamand, né aux bords de la Meuse, grandissait et pénétrait en France par la cour de Bourgogne, il devait de là s'étendre vers l'Espagne et vers l'Allemagne et lutter d'influence avec l'art italien. Lourd, touffu, prodigue d'ornements, mêlant aux scènes de la Bible et aux mystères de la passion la représentation familière et réaliste des types et des costumes du temps, ce style séduisait par sa prodigalité et sa richesse l'art de l'orfèvre et la fécondité du ciseleur. Les édifices civils de la vieille Flandre, les maisons de ville, les églises même sont, en pierre, les modèles conservés d'une orfèvrerie d'or et d'argent disparue. Louvain nous offre dans son hôtel de ville le type absolu de ce qu'était une châsse : ciselures, dentelures, clochetons, tourelles, culs de lampes, fenestrages, mélange bizarre et charmant d'ornements, de figurines, de saints, de monstres, naïfs épisodes, empruntés à l'histoire et à la légende que raconte la pierre ou le métal en des groupes refouillés et ciselés. Cet art confus, fouillu, naïf et savant, éblouissant, mais où la forme disparait sous le détail, nous le retrouvons en Bourgogne, il pénètre chez nous et achève de gâter notre architecture, il s'enmêle à nos pures ogives comme des broussailles, grimpant au long des arêtes comme une végétation luxuriante qui se fige en pierre et complique encore les ornementations du gothique flamboyant.

Fig. 292. — *Aiguière (Collection Spitzer).*

Les plus riches ouvrages de l'orfèvrerie flamande sont passés en Allemagne, lors du mariage de Marie de Bourgogne avec Maximilien et ont achevé de gâter le style allemand que ne parvint pas à épurer Albert Dürer, le grand artiste. Un curieux, un savant, un orfèvre avait cependant conservé à Gand la plus admirable collection de ces intéressantes reliques, M. Ch. Onghena. Vieux et malade, il a cédé ces merveilles qui se sont dispersées par tous les pays. J'ignore ce que sont devenus les chefs-d'œuvre de Corneille de Bonte, qu'on retrouvera gravés dans le *moyen âge et la Renaissance* ainsi que le grand collier de cérémonie du doyen des orfèvres de Gand, travail considérable du naïf ciseleur. Des orfèvres français, bourguignons ou flamands que nomment Labarte, Lasteyrie, A. Darcel, etc., retenons seulement le nom de Gerard Loyet qui fit, en or coquillé et ciselé, la statuette de Charles le Téméraire qu'on conserve au trésor de la cathédrale de Liège et que le duc de Bourgogne offrit à la ville en 1471, en expiation de l'horrible massacre qu'il avait fait de ses habitants, trois ans avant.

Si, à défaut des œuvres de métal, on voulait recomposer la série des orfèvreries et des bijoux flamands et bourguignons au xv[e] siècle, il suffirait de relever les pièces nombreuses qui sont peintes avec tant de précision et de minutieux détails dans les tableaux de Van-der Weyden, des van Eyck, de Thierry Bouts, de Van der Meire, et de Memling. Avant d'être peintre et de composer son admirable tryptique de St-Jean, Quantin Massys, dit la légende, avait été forgeron, il avait fait mieux, il avait ciselé le fer avec une si aimable délicatesse que ses lampes d'autel, à Louvain, sont de précieux bijoux. A Colmar, Martin Schœn (ou Schœngauer) menait de front la gravure, la peinture, la sculpture et l'orfèvrerie, nous donnons (fig. 291) un joli ostensoir, emprunté à son œuvre. Martin Schœn avait subi l'influence flamande, mais il est un des grands artistes de l'Allemagne et le précurseur d'Albert Dürer. C'est encore au xv[e] siècle allemand qu'est attribuée l'aiguière dont le dessin est ci-dessus et qui fait partie de la collection de M. Spitzer : sa bizarre composition en fait un intéressant objet d'étude. La forme en paraît empruntée à l'orfèvrerie orientale ou aux aquamaniles de cuivre, mais le décor où se mêlent les monstres et les ornements enroulés rappelle la manière des orfèvres d'Espagne et de Lombardie d'une époque antérieure (fig. 292).

Entre ces diverses sollicitations, l'art français avait

subi un arrêt, mais il se réveillait bien personnel, pur et charmant, devinant avec Jean Fouquet, avec les frères Juste et avec Michel Colomb, le retour à l'antique, mais y remontant par une autre voie que les maîtres italiens. Les guerres d'Italie allaient précipiter ce mouvement de renaissance et noyer notre goût français dans l'exagération du style italien déjà en décadence.

Le XVIe siècle n'est pas pour l'art pur l'expression d'une Renaissance et c'est à tort qu'on lui a donné ce nom, il est bien plutôt le premier déclin d'un art qui dura peu et dont le XVe siècle avait vu la courte aurore. L'Italie avait eu, plus que la France et les Flandres, des génies créateurs habiles à rendre leur pensée par la couleur, le marbre ou le métal et ne réclamant pour les servir l'aide d'aucun artisan. Raphaël et Michel Ange appartiennent au XVe siècle bien plus qu'au siècle suivant, ils marquent l'apogée d'un art dont ils ont peut-être préparé la chute par la tension des plus hautes qualités de l'artiste. Mais à côté d'eux, à un rang plus modeste, un autre artiste résume les qualités et les défauts de son temps et appartient tout entier à l'art que nous avons entrepris d'étudier: c'est Benvenuto Cellini, qui naît à Florence avec le siècle. Elève de Michel Agnolo di Viviano, il voit son maître ciseler l'armure de Julien de Medicis; il le quitte pour entrer dans l'atelier d'Antonio di Sandro; il passe de Florence à Sienne, de Sienne à Bologne, de Bologne à Pise et de Pise à Rome où il travaille chez Giovanni Firenzuola à des ouvrages de vaisselle et chez Arsagno.

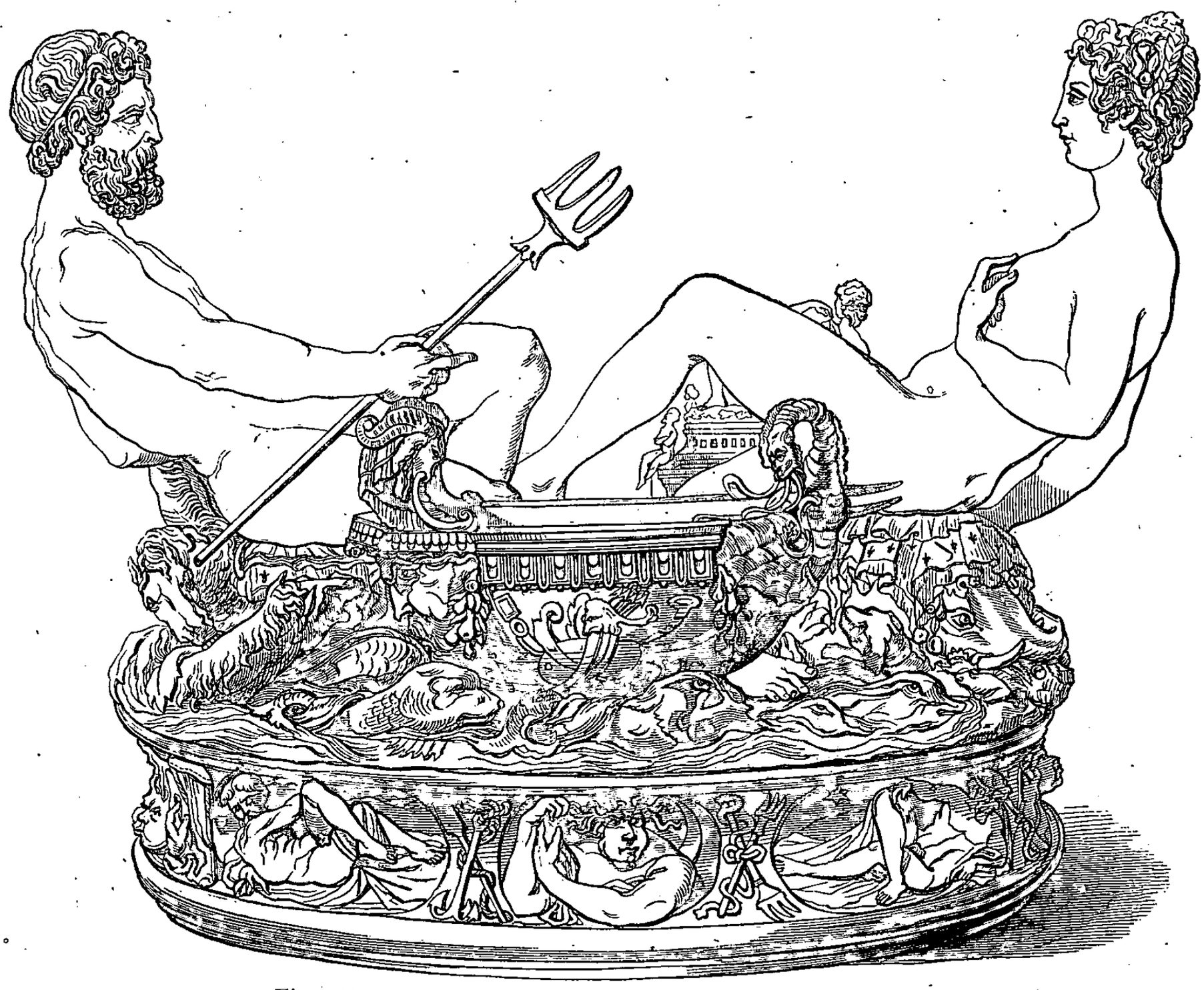


Fig. 293. — *Salière du Trésor de Vienne; par Benvenuto Cellini.*

Ces orfèvres sont tous des maîtres habiles, mais dans leurs mains le travail se divise et Benvenuto nous donne sur leurs aptitudes variées d'intéressants détails. Tous cependant manient le ciselet; joailliers ou orfèvres, c'est à la perfection de la sculpture sur métal qu'il mesure leurs mérites et s'il en est un que dans son orgueil il consent à comparer à lui, c'est Caradosso (Ambroggio Foppa, dit le Caradosso), orfèvre, graveur sur pierres, et ciseleur des plus fameux à qui l'on attribue à tort, croyons-nous, la célèbre *paix* d'or ciselé et de lapis du trésor de la cathédrale à Milan; nous avons déjà parlé de lui.

Les mémoires de Benvenuto Cellini sont, avec le livre de Vasari, l'histoire la plus complète et la plus amusante de l'art italien au XVIe siècle. Le *Traité de l'orfèvrerie* complète tout ce qu'on peut désirer de plus précis sur l'art de sculpter et de décorer le métal, et, comme il est connu de tous, il serait superflu d'y faire ici des emprunts. A Florence, à Paris ou à Rome, Benvenuto est auprès des Medicis, de François Ier ou des papes, le grand artiste et le grand acteur, qu'il tienne l'ébauchoir ou l'épée, qu'il manœuvre l'artillerie ou s'échappe des cachots du château St-Ange, il s'attribue le premier rôle. C'est lui qui tue le connétable de Bourbon, c'est la haine jalouse de la duchesse d'Etampes qui l'oblige à quitter la France, il tient tête à l'ambassadeur d'Espagne à Rome et se défend contre ses gens armés. Mais sa prodigieuse et féconde activité ne se dépense pas seulement en rodomontades et en récits pittoresques: il sculpte la pierre, modèle, fond l'or et le bronze, travaille de la lime et du marteau, grave, cisèle, entaille et sertit; de la statue colossale du Jupiter au bouton de chape du pape Clément VII, il n'est œuvre de métal qu'il ne pétrisse et n'achève, et la

liste est longue des œuvres dont il parle en son livre. M. Eugène Plon, qui vient de consacrer à Cellini une belle et savante étude, a reconstitué la série à peu près complète de ses ouvrages authentiques et de ceux qu'on lui attribue. Bijoux et joyaux, orfèvrerie, sceaux, médailles et monnaie, statues de bronze ou armes, tous portent la marque du ciselet autant que de l'ébauchoir, mais bien peu nous ont été conservés.

Et parmi cent objets de premier mérite auxquels la tradition et l'étude ont attaché le nom de l'artiste florentin, il en est à peine quelques-uns dont l'authenticité soit absolue. Ce sont la salière, qui est au musée de Vienne, la nymphe de Fontainebleau au Louvre, le Persée à la Loggia dei Lanzi à Florence, le buste de Cosme de Medicis et le bas-relief du chien au musée national de Florence, le buste de Bindo Altoviti à Rome et quelques médailles. Je ne parle ni de la monture de camée qui est à la bibliothèque nationale, ni de l'aiguière du Palais Durazzo à Gênes, ni de la reliure d'or du Kensington Museum, ni du Pent-à-col de M. Robert Phillips, ni des

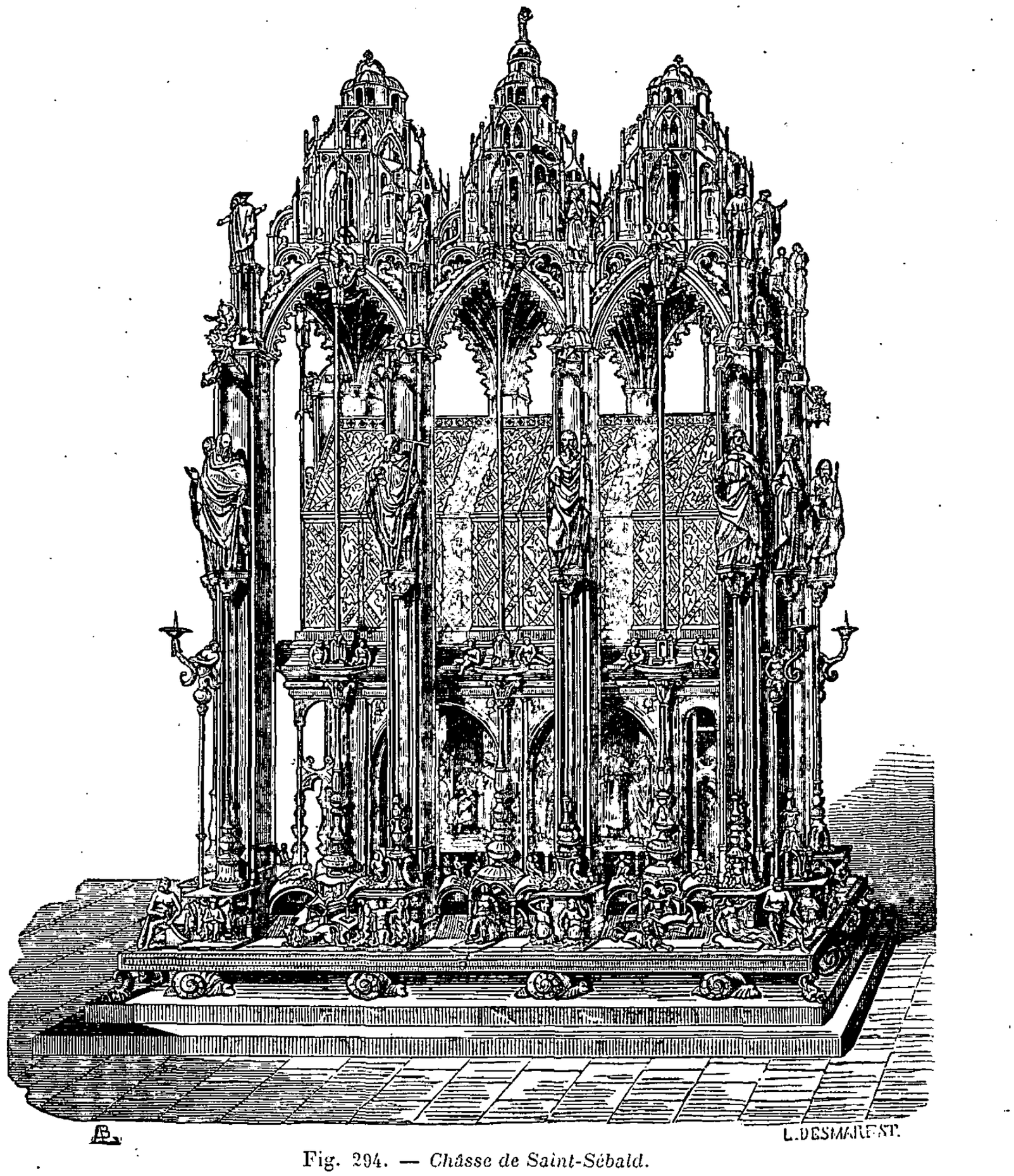


Fig. 294. — *Châsse de Saint-Sébald.*

bijoux de la collection des Rothschild, ce sont d'admirables échantillons d'un art où excellait Cellini mais que nous ne saurions lui attribuer avec certitude. Nous ne donnons ici que le dessin de la salière du trésor impérial de Vienne (fig. 293). Très critiquable, au point de vue de la composition et de l'agencement des figures, cette pièce est l'une des plus admirables pour la ciselure et l'harmonieuse perfection des formes, le fini des détails, le précieux du modelé et l'ingéniosité des ornements. Il n'est pas nécessaire d'aller à Vienne, pour s'en convaincre, les deux héliogravures de Desjardin qui sont dans le livre de M. Plon en donnent le roproduction la plus parfaite.

Avec Benvenuto, l'art de l'orfèvrerie et de la ciselure parait s'éteindre en Italie, ou du moins c'est la dernière expression vraiment superbe d'un art qui y avait eu son plus haut développement.

En même temps cet art se développait en France, en Angleterre, en Allemagne et en Espagne avec une vigueur nouvelle. L'Espagne, qui nous a longtemps caché ses trésors, a plus qu'aucun autre pays fourni à l'orfèvre la matière précieuse qu'elle recevait directement du Nou-

veau-Monde. Les églises et les palais sont riches encore en œuvres que nous connaissons peu, et dont le baron Davilliers a commencé l'étude dans son *Histoire de l'orfèvrerie en Espagne*.

Il n'était pas besoin d'une renaissance pour ce pays où l'art mauresque s'était marié á l'art chrétien, où l'ouvrier ciselait l'or comme il gravait la pierre et damasquinait le fer. Malgré l'influence que devaient exercer sur le goût espagnol la possession de Naples et les continuelles campagnes d'Italie, l'orfèvrerie reste longtemps nationale. Ni Henrique de Arphé, ni son fils Antonio n'imitent le style florentin, les tabernacles de Tolède, de Léon et de Cordoue sont un composé de gothique flamboyant et de mauresque qui prête à la plus riche ornementation de la ciselure. La croix de la cathédrale de Léon surtout, est une œuvre exquise qui place Henrique de Arphé au rang des premiers ciseleurs. Son fils Antonio et son petit-fils Juan paraissent l'avoir au moins égalé et celui-ci ayant été tout à la fois graveur, ciseleur et statuaire et ayant écrit un traité de l'orfèvrerie, a été surnommé le Benvenuto Cellini espagnol, comme Gil Vicente a été nommé le Cellini portugais, bien qu'il ait travaillé pour Emmanuel-le-Fortuné en 1506, c'est-à-dire alors que le véritable Cellini n'était encore qu'un enfant. M. Labarte, parlant de cet orfèvre, dit qu'il appartenait par son style à l'art flamand, qui avait été introduit par Van Eyck, en Portugal, dès 1428. L'admirable ostensoir de Belem, signé par Gil Vicente et la croix de la cathédrale de Léon ont été gravés dans le Magasin pittoresque (années 1868 et 1872). Ce ne fût qu'au milieu du XVIe siècle que le style nouveau s'imposa en Espagne : les armures ciselées, les œuvres d'orfèvrerie italiennes, flamandes, allemandes et françaises, rapportées par Charles-Quint, devaient déterminer une modification du goût national et le beau calice espagnol qui appartient au musée de Kensington, porte la date de 1549.

En Allemagne les mêmes causes devaient amener les mêmes effets, Maximilien, combattant en Italie, en rapporta, comme Louis XII, les germes d'un art nouveau, mais cette influence ne se traduisit pas d'abord par une imitation servile. Ce fût au début du XVIe siècle une première résistance au goût flamand : un grand artiste, Albert Dürer imposait son génie à l'empire et tous, orfèvres, sculpteurs, graveurs et peintres se rangeaient à son école. Adam Kraf et Pierre Vischer allèrent comme lui étudier à Venise et à Rome et ce fut au retour que Vischer commença (en 1506) l'admirable châsse de Saint-Sébald, qui est encore l'une des merveilles de Nuremberg (fig. 294). Cette châsse modelée, fondue et ciselée par Vischer et ses cinq fils, leur demanda quatorze années de travail, et Pierre s'y est représenté en costume d'ouvrier le marteau d'une main, le ciseau de l'autre. Après lui, les orfèvres, les ciseleurs et les graveurs de Nuremberg conservèrent quelque vingt ans encore le caractère purement allemand de leurs œuvres, tandis que ceux d'Augsbourg s'abandonnaient plus volontiers au charme et à la facile imitation des figurines et des ornements italiens. Les progrès de la Réforme, en bannissant les objets du culte, obligeaient les orfèvres à ne travailler plus que pour le mobilier civil ; on ne fit plus d'images de saints mais on emprunta à la mythologie païenne et à l'Ancien-Testament, des épisodes qui se confondent fréquemment aux fonds des plats d'argent et sur la panse des coupes. Pour fournir à ces besoins nouveaux les peintres, et surtout les graveurs, composèrent des dessins qui sont encore de cette orfèvrerie disparue, le plus exact et le plus intéressant souvenir. Parmi les petits maîtres allemands, ceux qu'il faut étudier après Albert Dürer sont Altorfer, Hopfer, qui ciselait en 1527 et qui nous a laissé un curieux dessin d'ostensoir, Proger qui fut orfèvre, Vogther qui excellait dans l'ornementation des armes, Virgilus Solius, dont l'œuvre a fourni aux ciseleurs de nos jours autant qu'au XVIe siècle, aux ciseleurs de Nuremberg ; Aldegraver qui nous donne les plus admirables copies gravées, des ciselures allemandes ; Holbein, le maître bâlois qui mourut à Londres en 1554 et qui doit être regardé comme le créateur de la renaissance anglaise ; Théodore de Bry, qui naquit à Liège en 1528, et qui maniait aussi bien le ciselet que le burin ; Geutsh d'Augsbourg, Flynt de Nuremberg et Daniel Mignot, qui, français d'origine, travaillait à Augsbourg, tous furent aussi habiles à graver leurs modèles qu'à les exécuter.

La kunstkammer de Berlin, la voûte-verte à Dresde, le musée national de Münich, le trésor particulier du roi de Bavière et le musée de Nüremberg, possèdent de précieux travaux des ciseleurs allemands du XVIe siècle, leurs noms bien connus au-delà du Rhin sont presque ignorés ici. Ce sont Wenzel Jamnitzer et son neveu Christian, Kellerthal, Soest et Jonas Silber. Notre musée du Louvre a plusieurs spécimens de cet art délicat où la forme disparaît sous la profusion et la richesse des détails. Le plus parfait est catalogué dans la notice de M. Darcel, sous les numéros 764 et 765 et consiste dans une aiguière et un plateau dont les bas-reliefs représentent le siège de Tunis par Charles-Quint. Ces pièces ont été reproduites en photochromie, par Vidal dans le trésor artistique de la France. Plusieurs œuvres de Wenzel Jamnitzer sont classées, soit à Nüremberg, soit dans des collections privées et nous donnons un dessin du bocal (fig. 295), qui, attribué sans raison à Rœmer, à cause d'un médaillon portant ce nom, qui est soudé sous la base, fut acheté à la vente Hamilton 3,244 liv. st. 10 sh. (81,112 francs), par M. Goldchmidt, de Francfort. La ciselure de ce vase est si précieuse que nous la croirions volontiers du maître Nurembergeois.

Avant de revenir, pour ne la plus quitter, à l'*histoire de la ciselure française*, disons qu'Henri VIII fût en Angleterre ami des arts autant que François Ier l'était en France. Il fût aussi prodigue que son père avait été avare, il aimait les joyaux, les orfèvreries, les fines ciselures et le South Kensington a, dans de récentes expositions, passé en revue les trésors d'orfèvrerie ancienne que possèdent les grandes familles d'Angleterre. Holbein n'a pas été seulement le peintre du roi, il a fourni des modèles aux orfèvres de Londres et c'est ce qu'a démontré notre éminent collaborateur, M. Paul Mantz (V. *Gazette des beaux-arts*). On trouve dans l'œuvre d'Holbein des dessins où la part de la ciselure est bien définie.

Etait-il utile que Cellini vint en France modifier notre goût et enseigner aux orfèvres parisiens les délicatesses de son art ? La France possédait, à la fin du XVe siècle, tous les éléments nécessaires à l'éclosion d'un style absolument national ; pas n'était besoin de nous amener des maîtres, qui, dans la peinture, l'architecture et même l'orfèvrerie et la sculpture, furent parfois de second ordre. Mieux eût été d'envoyer nos artistes à Florence ou à Rome, comme avait fait, croyons-nous, Michel Colomb, comme faisaient les maîtres allemands dont nous parlions plus haut.

Mais l'engouement pour la mode italienne était extrême, le roi et sa cour cédaient à ce charme nouveau, le cardinal d'Amboise, plus passionné qu'aucun, avait acheté à Milan et à Gênes les plus belles orfèvreries et les plus riches joyaux et les avait collectionnés dans son château de Gaillon ; la reine Anne, bien que protégeant ses chers ouvriers de Bretagne, cédait à ce curieux attrait et les orfèvres de Paris travaillaient sur commande à la façon d'Italie. Le cardinal avait même ramené des artistes italiens et leur influence est visible dans ce qui nous reste de cet admirable château dont Jean Joconde avait tracé le plan et dont les Juste faisaient avec Colomb les fines sculptures. Y eut-il parmi eux des orfèvres et des ciseleurs, rien ne l'indique et le premier italien connu qui vient travailler l'or à Paris est Mattéo del Nassaro qui était, dit M. F. de Lasteyrie, plus joaillier qu'orfèvre et ne paraît qu'en 1528.

C'est donc d'un art absolument français qu'il faut réclamer le beau calice d'argent doré que la reine Anne donna, en 1506, à l'église de St-Jean-du-Doigt (en Bretagne) et qu'on a vu, en 1867, dans les galeries de l'Histoire du travail et la châsse destinée à contenir les reliques de Saint-Louis, que fit exécuter en 1520 le cardinal de Bourbon, et dont Felibien nous a conservé une très bonne gravure. Cette châsse et ce calice n'ont rien gardé dans leur structure et dans leurs détails de l'art ogival ou de l'art flamand; figures et ornements sont d'un dessin nouveau, la ciselure est moins naïve mais elle est aussi fine et s'allie à un modèle plus savant. On aurait tort cependant de croire que les orfèvres s'étaient rendus aisément: leur métier a toujours été des derniers à suivre les modes nouvelles. Il fallait que des commandes d'une nature bien définie leur fussent faites par le roi ou les princes épris des formes italiennes ou qu'on leur adjoignit un sculpteur ayant charge du modèle. Au contraire, s'agissait-il de dons de joyeux avènement, de présents offerts au roi ou à la reine à leur entrée dans une ville, échevins et orfèvres s'entendaient à composer quelque allégorie compliquée où les vertus et les saints faisaient avec les dieux de l'Olympe et les capitaines de l'antiquité, un composé aussi étrange que celui des « Moralités » qu'on jouait aux fêtes de la cour. L'exécution matérielle de telles pièces entraînait à des travaux où la ciselure avait plus de part que l'émail et que l'orfèvrerie elle-même.

M. Paul Mantz, qui a écrit dans la *Gazette des beaux-arts* une intéressante histoire de l'orfèvrerie, donne la description de nefs, d'allégories, de statues, de joyaux offerts en présents aux derniers des Valois. Les testimonials que les orfèvres anglais composent et exécutent encore sont, comme l'étaient ces pièces d'orfèvrerie, destinés à perpétuer tous les événements importants d'un règne ou d'une époque; l'usage en est perdu en France et c'est d'un grand préjudice pour la sculpture sur métal.

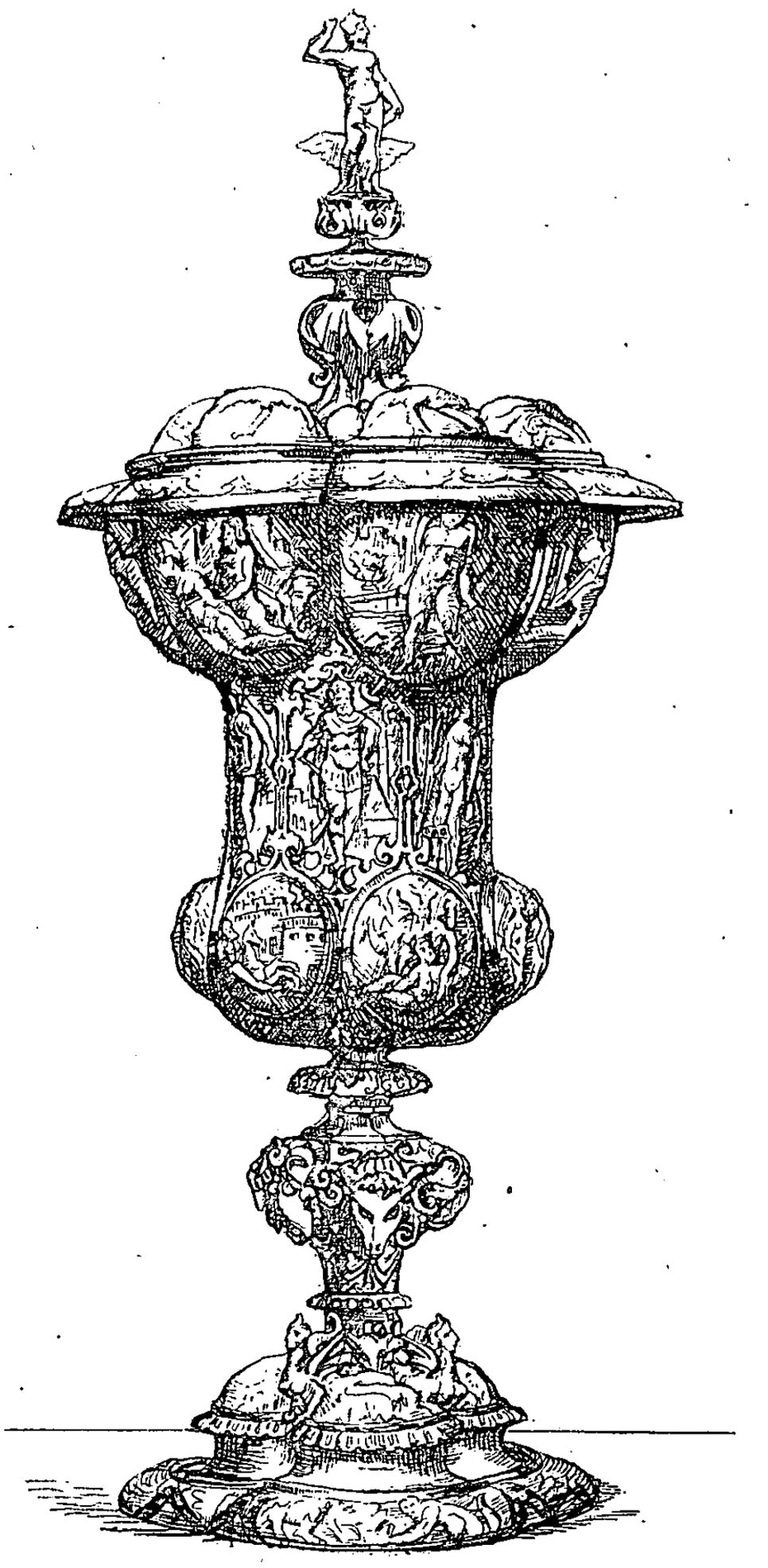


Fig. 295. — *Hanap d'argent doré et ciselé. Travail allemand.*

On lira à l'article Orfèvrerie, toute l'importance qu'acquit la corporation sous François Ier,, les ordonnances qu'il rendit et rapporta au sujet de l'emploi des émaux, nous n'y insistons pas. Mais aussi bien, pendant les cinq années que Benvenuto passa au Petit Nesle, qu'avant et après son départ de Paris, le roi montra pour les travaux des orfèvres une prédilection toute particulière. Il aimait le luxe, il s'habillait magnifiquement, se couvrait de joyaux, il lutta de faste avec Henri VIII à l'entrevue du camp du Drap-d'Or; il était galant avec les dames, généreux dans ses présents, mais il avait souci des belles montures, apportait un goût délicat dans le choix des modèles. Entouré d'artistes, ayant eu des fortunes diverses, vainqueur et vaincu en Italie, prisonnier à Madrid, il avait vu, étudié, appris et c'est à son initiative en art bien plus qu'à la présence d'artistes étrangers comme Primatice, Rosso, Cellini, que les arts français sont redevables de la grande évolution que subit le style.

Il serait difficile, parmi les maîtres de l'orfèvrerie, de désigner ceux qui eurent une part mieux définie dans les travaux de ciselure, cependant on peut citer Pierre Gédouyn, à Paris, qui fit pour le roi une enseigne représentant des personnages exposés en mer au danger de périr; Pierre Mangot (1541), de qui le baron Pichon possède des flambeaux décorés de dauphins et de fleurs de lys; Jacques Levasseur à Chartres, et Jehan Siguerri à Rouen, qui repoussaient des figures en ronde-bosse; Bénedict Ramel qui cisela en or un portrait du roi. Benvenuto, dans son *Trattato dell' orificeria*, dit que les orfèvres parisiens sont plus habiles qu'aucuns à manier le marteau et mener à bien les plus importantes pièces de grosserie. Il apprend même à Paris, d'un ouvrier flamand, des procédés d'atelier qu'il ignorait, et plus loin, tout en constatant sa supériorité sur eux, il ajoute que les orfèvres à Paris sont surtout adroits à coquiller des figures de toute proportion. De Cellini un tel éloge est précieux à noter.

Sous Henri II, le goût s'épure, la ciselure acquiert dans tous les ouvrages-de métal un rôle prépondérant ; la composition du modèle n'emprunte plus rien à un art étranger. Armures et bijoux, vaisselle d'or, d'argent ou d'étain, c'est d'un style bien français que sont les dessins, ce style s'impose en Allemagne et y pénètre par les Flandres.

Aujourd'hui encore, tous nos ciseleurs vont comme à l'école devant l'admirable armure de Henri II, qui est au fond de la galerie d'Apollon. Repoussées sur tôle, toutes les parties de cette armure sont d'une composition harmonieuse, d'un dessin savant, d'un modelé gras et ferme. Ornements et figures s'enlacent et se marient sans confusion, sans lourdeur. Bien que les imitations en aient été fréquentes, bien que les musées d'Allemagne, l'Armeria real de Madrid, le Belvédère à Vienne, le musée d'artillerie à Paris et de nombreuses collections particulières, soient riches en armures de ce genre, aucune ne lui est comparable par la sobriété du décor, le goût du dessin et la savante maestria de l'outil. Ce travail est français et il est intéressant de le comparer à celui de l'armure d'or de Charles IX qui est dans la vitrine voisine, le casque et le bouclier sont rehaussés d'émaux cloisonnés et d'émaux translucides qui s'allient aux ciselures, mais en dépit de la richesse de l'or et de la couleur des émaux, ils restent inférieurs à l'armure de fer d'Henri II. Qui a composé ces ornements? On a cru y retrouver la manière d'Etienne Delaulne, et du reste, ce grand maître a fort bien pu dessiner l'armure du roi : il était né à Paris en 1519 et s'y était établi. C'est lui qui fournit pendant un demi-siècle aux travaux des émailleurs et des orfèvres. Son œuvre est plus riche qu'aucun, c'est un fonds inépuisable et journellement consulté encore.

Fig. 296. — *Aiguière casquée du Louvre.*

Etienne Delaulne, ou simplement maître Stephanus fut-il orfèvre ou ne fit-il que dessiner pour les orfèvres ? Ne grava-t-il que les planches dont nous recherchons les épreuves, ou grava-t-il les bijoux qu'il composait, ciselait-il les bas-reliefs qu'il imaginait? Aucun texte n'a encore élucidé ce point intéressant. Comme lui, dans cette deuxième moitié du XVIe siècle, Jean Goujon, qui mourut en 1572. Androuet Du Cerceau d'Orléans, qui mourut en 1578. René Boivin, d'Angers, Pierre Woeiriot, le lorrain, donnèrent les plus admirables modèles aux orfèvres et surtout aux ciseleurs. Certains d'entre eux peut-être et les deux derniers certainement, participèrent à l'exécution directe de leurs compositions en métal. Le comte de Laborde attribue à Germain Pilon la jolie statuette équestre de femme de la galerie d'Apollon (D. 787) qui est d'argent repoussé, ciselé et doré. Mais ce qui dans les vitrines de la galerie d'Apollon, mérite encore l'attention de l'artiste et du curieux, ce sont les gemmes aux montures d'or et d'émail, dont les délicatesses accusent une façon de ciselure que nous n'avons pas étudiée.

Rarement repoussées, plus souvent fondues ou prises sur pièce, ces mignonnes figurines, ces ornementations capricieuses appartiennent à l'art le plus précieux; Benvenuto en parle avec détail et les allemands l'ont pratiqué avec succès. Sous la mince couche d'émail qui l'enveloppe, l'or n'a pas toute l'ampleur de forme que représente l'objet achevé, le ciseleur a dû calculer l'épaisseur du verre, exagérer le développement des muscles, pincer les traits du visage, allonger et découper les doigts, battre et serrer son métal pour qu'aucun manque ne fasse bouillonner l'émail. Plus difficile en ces préparations, ce travail exige du ciseleur une certaine pratique de l'émaillerie. J. Garnier qui l'a défini dans

le *Manuel de la ciselure* est aujourd'hui le plus capable de le mener à bien. On trouvera dans le catalogue des gemmes de M. Barbet de Jouy, la description des plus belles pièces du Louvre, nous citons entre autres la grande coupe de lapis avec la figure de Neptune que Duron a copiée pour le baron Seillière et dont Honoré avait ciselé les ors, et l'aiguière d'onyx dont le couvercle est fait d'une tête casquée (fig. 296) qui peut passer pour un chef-d'œuvre en ce genre d'ouvrage.

Nous avons dans la première partie de cet article,

Fig. 297. — *Aiguière d'étain, par Fr. Briot.*

parlé de la poterie d'étain et de l'aiguière de François Briot (fig. 297).

Nous n'avons pas à expliquer de nouveau comment étaient obtenues ces pièces qui, selon nous et au contraire de ce qu'ont écrit plusieurs auteurs, ne sont pas les reproductions d'objets d'or et d'argent, mais le résultat direct d'une fabrication spéciale. Nous aurions craint cependant d'être accusé d'oubli si nous n'avions pas cité de nouveau cette œuvre qui n'est peut-être pas un produit direct du ciselet, mais qui reste comme un modèle du genre pour les ciseleurs.

Intéressante entre toutes avait été, pour la ciselure française, cette admirable période qui commence avec François Ier et finit avec Charles IX. Celui-ci même, quelque goût qu'il eût pour l'orfèvrerie, préférait déjà les pierres aux émaux, les cabochons aux ornements ciselés, mais il aimait la chasse et les belles armes et sur les gardes d'épées, sur les batteries et les canons d'arquebuse, il voulait trouver le décor qu'il refusait aux bijoux. Il nous semble que les ciseleurs, en abandonnant l'orfèvrerie qui ne les nourrissait plus ont sagement et prudemment agi quand, en 1573, ils ont adressé une supplique à Charles IX pour être constitués en communauté sous le titre de *ciseleurs-damasquineurs*: C'est en 1586 que le roi par lettres patentes les érigea en métier et nous devons à M. Eug. Piot ce renseignement, ainsi que les noms des ciseleurs parisiens qui avaient signé la supplique. Ce sont: Nicolas Boutin, Melchior Petit, Jacques Le Menu, Noël et Martin Méraudel, Charles Dubois, Jean Goulier, Baptiste Auger, Pierre Bourrier, Jean Manger, Morel Prévost, N. Claude Pinson, Bertrand Boquet, Martin Auvillier, Jacques Mérigor, Caudebar, Le Riche et François Hérisson. Est-il parmi eux celui qui avait ciselé le casque et le bouclier du roi ou bien est-ce à François Dujardin (1574), l'orfèvre, qu'il les faut attribuer? La fin du XVIe siècle n'a pas été pour l'art en France une époque de création mais de destruction. Les guerres de religion amenèrent la dévastation des églises, les luttes politiques firent rentrer au creuset les plus précieux monuments d'orfèvrerie. Rien ne fut épargné que la pierre précieuse à cause de sa valeur vénale et les Ligueurs, pour subvenir aux frais de la guerre, ne craignirent pas de fondre les pièces du trésor de Saint-Denis. Cette période de notre histoire a été aussi fatale aux beaux arts que la fin du XVIIIe siècle. Henri IV n'eût pas souci de relever ce luxe détruit, capitaine sans fortune il ne songeait qu'à guerroyer; roi, il puisa dans l'épargne du sage Sully assez souvent pour enrichir sa maîtresse, mais l'inventaire de Gabrielle d'Estrées accuse plus d'or, d'argent et de pierreries que d'œuvres d'art.

La reine avait plus qu'Henri le goût des bijoux, elle avait fait venir d'Italie ses ouvriers favoris et la mode italienne s'imposa de nouveau pendant la régence. Rubens, lorsqu'il vint à Paris, y introduisit avec sa peinture la lourde ornementation de son école; ce goût se modifia avec la jeune reine et tout fût à l'Espagnole, pour les arts comme pour les lettres et le costume. Enfin, les Jésuites, maîtres des églises, y introduisirent l'affreux style qui avait déjà remplacé en Italie les élégances du XVe siècle et qui allait en France et en Belgique se substituer aux délicatesses de l'ogive. Ainsi sous Louis XIII, notre art, subissant les influences étrangères, s'épaissit, perd l'esprit et la grâce; on ne revoit plus du style antique l'imitation ingénieuse, les élégantes figurines, les jolis ornements aimés des Valois; tout est lourd, ampoulé, prétentieux, les reliefs sont ronds, les contours mous; ni les corps, ni les feuilles n'ont la nervosité qui plaît. C'est un amas confus d'amours et de satyres charnus, de grotesques flamands, de broussailles bossuées et déchiquetées dont la complication fatigue l'œil. Si graveurs et orfèvres tentent une nouveauté, c'est à la cosse de pois qu'ils font l'emprunt des bosses cireuses du modelé. La décadence italienne se traduit dans la sculpture des vases, par le genre auriculaire dont Mosyn, le hollandais, a donné la note la plus indécente et la plus comique.

Et cependant, parmi les orfèvres, quelques-uns conservent la vieille et saine tradition. Le roi donne, en 1628, un logement au Louvre aux frères Mabareaux, de Limoges, se souvenant de la beauté des médaillons qu'ils avaient ciselés sur or et que lui avait offerts la ville de Bordeaux, en 1615, à l'occasion de son mariage. Ils sont cités dans plusieurs écrits du temps et paraissent avoir été célèbres, surtout pour la qualité de leur ciselure. Vincent Petit logeait avant eux déjà dans les appartements du Louvre, affectés par Henri IV aux meilleures artistes du royaume. Il est désigné comme orfèvre-sculpteur.

Les deux Légaré, Laurent et Gédéon, tout en sacrifiant aux bizarreries de la *cosse de pois*, tentèrent de rendre aux bijoux l'attrait de la ciselure; mais l'emploi exclusif des perles et des pierreries dominait et ce n'est que dans l'exécution de l'orfèvrerie royale et des ornements religieux que les ciseleurs trouvaient à s'employer. Le cardinal de Richelieu fit faire pour la Sorbonne un ostensoir de grand prix; il offrit au roi une chapelle d'or ciselé rehaussée de pierreries qu'accompagnaient les statuettes de la Vierge et de Saint-Louis. J. Sarrazin avait modelé un groupe qui fut exécuté en or et en argent et qui représentait un ange portant en ses bras l'enfant qui fût Louis XIV; c'était un don de la reine à la Vierge de Lorette. Il y avait donc d'habiles ciseleurs et parmi eux Jacques Delaunay et René de la Haye, lequel s'appliquait surtout au décor de la vaisselle.

C'est aux frères Chantelou que nous devons le salut de nos arts et, par conséquent, aussi la régénération de l'orfèvrerie française. Ils avaient été présentés à Richelieu par Sablet de Noyers et le grand ministre, soucieux en tout du génie et de la gloire françaises, n'avait pas hésité à combattre les préférences du roi. Vouet était en faveur, tandis que Lesueur peignait, ignoré chez les chartreux et que Poussin étudiait à Rome les monuments antiques.

Poussin fut rappelé, il devint le grand réformateur de l'art français. Il apportait des règles qu'il imposa avec une rigueur absolue, résistant, grâce à son protecteur, à toutes les intrigues et nous nous réclamons de lui, parce que son contrôle s'étendit à tout et que Balin, Warrin et Mansart procèdent de Poussin.

Fig. 298. — *Pot-à-eau; par Pierre Germain.*

Oui, Warin n'eût pas été le graveur admirable, le ciseleur fameux, sans l'aide de Poussin. Balin lui dût pendant deux ans d'étudier, d'apprendre à ses côtés, le peintre fit pour lui les dessins des premiers vases qu'il modela et fondit en argent. Les grands, les meilleures artistes de Louis XIV sont sortis des mains de Poussin. Il leur rendit un style et les mit dans un chemin débarrassé de ronces. L'habileté ne leur faisait pas défaut, et pour n'en donner qu'un exemple, citons le coffret d'Anne d'Autriche qui est au Musée du Louvre. A-t-on jamais, d'un ciselet aussi fin, relevé l'or et caressé des ornements plus délicats et mieux inspirés du dessin des fleurs. Nous avons décrit, autre part, cette jolie pièce et nous avons essayé d'en retrouver l'histoire. (V. le *Trésor artistique de la France*, imprimé chez Dalloz.)

Claude Ballin fut le grand orfèvre du XVII^e^ siècle, celui qui commença et détermina dans l'orfèvrerie la naissance du style Louis XIV et qui, resté indépendant, n'entra jamais dans l'atelier que dirigea Lebrun, au palais des Gobelins. Il avait 19 ans quand il fit les quatre grands bassins d'argent décorés de figures en relief, qui décidèrent de sa fortune et qu'acheta le cardinal de Richelieu. Ballin modelait et ciselait lui-même, il avait, outre les leçons de Poussin, reçu celles de Sarrazin, le sculpteur.

Sous la régence d'Anne d'Autriche, la vogue de Ballin paraît s'être continuée, il cisela pour la reine un miroir en or et pour le jeune roi sa première épée, mais Roberdet et Lescot semblent avoir été préférés par Loménie de Brienne et par Mazarin. Le premier ciselait en or et en argent les jouets dont le ministre amusait l'enfant royal et Lescot travaillait pour le cardinal.

Ce fut pendant la minorité du roi que furent exécutés en argent coquillé et ciselé, pour l'église des jésuites de la rue Saint-Antoine, les deux anges dont Sarrazin avait fait le modèle.

Mais Louis XIV allait déployer un bien autre luxe, les premières années de son règne marquent la naissance du style fastueux qui a gardé son nom. Fouquet s'entoure d'artistes et excite par sa magnificence l'envie du roi, il succombe en laissant un modèle achevé de toutes les élégances. Colbert, son successeur aux finances, permet à Louis, par une administration plus sage, de donner carrière à toutes ses fantaisies. Colbert achète, en 1662, les terrains et les bâtiments des Gobelins, y réunit les meilleurs ouvriers, donne la direction des ateliers d'orfèvrerie à Claude de Villers, qui est pour cet emploi rappelé de Londres avec ses fils. En 1667, la manufacture est régulièrement organisée, Alexis Loir, bien que logé au Louvre et Duteil son associé, viennent y travailler. Lebrun devient le grand inspirateur, le maître et le directeur des ateliers. Tapisseries, sculptures, meubles, bronzes, orfèvrerie, mosaïques, tout est soumis à sa règle unique. Il ne permet à aucun de concevoir et d'inventer. Il exige de van der Meulen et de Monnoyer, de Loir et de Duteil, de Caffieri et de Cucci, de Boulle et de Boulongne une abnégation absolue. Toutes les personnalités s'effacent ou s'incarnent dans la sienne. Ainsi le voulait peut-être Colbert qui, plus que le roi, rêvait de refaire un style français et qui y réussit au point de l'imposer au monde.

Un atelier comme celui des Gobelins était en réalité un danger pour la liberté de l'art, mais ce fût une école merveilleuse des métiers qui y prirent un élan incomparable : on devine la large part faite à la ciselure. Ce n'était pas seulement aux orfèvreries que s'exerçaient les ciselets, c'était aux bronzes, aux garnitures de cuivre des meubles: et combien encore s'augmentèrent pour Marly et pour Versailles les commandes qui exigeaient le concours du ciseleur. Groupes, vases, statues de bronze; ornements de plomb ciselé pour les bassins et les châteaux d'eau; grilles, balcons et fers ouvrés; ferrures et bronzes attachés au bois et à la pierre;

tout cet infini du métal où le chiffre royal et le soleil glorieux se mariaient à des attributs et des ornements variés. Jamais marteaux à larges planes ne fouettèrent de coups plus pressés les ciselets d'acier. Ce n'était pas un travail fin et spirituel, c'était un rude décor qui s'enlevait en bosses aux flancs des grands vases d'argent à mettre les orangers. C'étaient des oves, des feuilles de chêne et de laurier, des fleurs de lys, des feuilles d'acanthe, des moulures puissantes, des perlés saillants, des godrons, des cannelures; c'étaient des masques aux traits fortement ébauchés, de solides corps de dieux et de déesses, aux draperies envolées. Torchères, guéridons de huit pieds de haut, balustrades de lit, bordures de tableaux, bassins de toutes grandeurs, aiguières, fontaines, cuvettes, chenets, garnitures de cheminées, sceaux, corbeilles, paniers, tout était d'argent. La vaisselle était d'or. Un rocher haut de douze pieds, fondu en bronze et chargé des figures allégoriques, formait le milieu d'un surtout. A peine les descriptions que nous ont laissées Perrault, Dangeau, St-Simon ou le *Mercure de France* seraient-elles croyables, si, de ces œuvres disparues, nous ne retrouvions la reproduction fidèle dans les tapisseries qu'on exécutait aux Gobelins, dans l'atelier voisin de ceux des orfèvres, des ébénistes et des bronziers.

Girard Debonnaire ciselait aussi, il avait offert, en 1658, le mai à Notre-Dame et avait été reçu maître du métier, en 1669. Laurent Texier de Montarsis, logé au Louvre, dès 1661, se disait *orphèvre en bas-relief*; il était joaillier du roi, mais il excellait dans la ciselure et s'y était perfectionné par l'étude des œuvres anciennes, car il avait le goût de la curiosité et il a précédé, dans le choix intelligent des bibelots, les collectionneurs du siècle suivant et du nôtre.

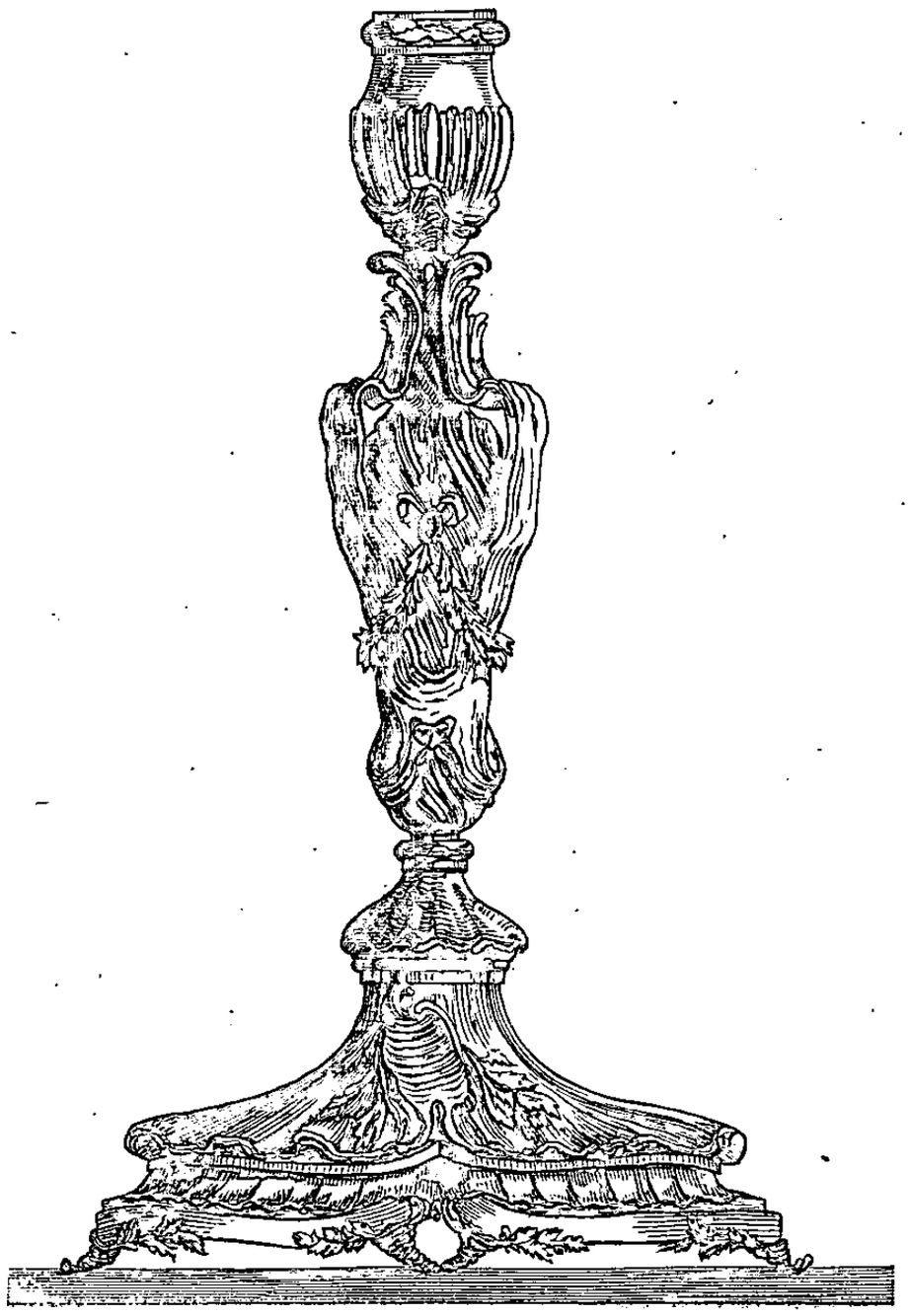


Fig. 299. — *Chandelier, par Roëttier.*

René de la Haye et Ballin travaillaient encore et celui-ci, qui vécut jusqu'en 1678, exécutait pour les cathédrales de Reims, de Paris et de Saint-Denis, des encensoirs, des calices et des monstrances, dont le caractère eut été mieux approprié cependant aux palais qu'aux églises. Merlin était au Louvre ainsi que Jean Gravet qui avait débuté par faire sur le modèle de Lebrun la nef ciselée du roi.

Gilles l'Egaré n'était pas moins habile à composer les bijoux et à les achever par la ciselure qu'à sertir les diamants en des nœuds et des bouquets d'un goût nouveau. Il fût de ceux qui quittèrent la France, en 1685, quand la Révocation de l'Edit de Nantes porta à l'étranger le secret de nos métiers et le goût de nos arts. Daniel Marot s'exila aussi et c'est à La Haye qu'il grava la majeure partie de son œuvre, continuant la manière de son père et aidant ainsi aux progrès des arts en Hollande. Ce pays avait eu des orfèvres habiles : Janss, Micker, Adrien Muntinck, A. Heckius, Henri Janssen et Jean Lutma qui tous avaient imité avec plus ou moins de succès les jolis ornements ciselés de Michel Blondel (dit Blondus) d'Amsterdam et ceux de van Viaden, d'Utrecht, qui sont restés célèbres en Angleterre et en Hollande; la collection du duc d'Hamilton renfermait trois pièces signées de de ce dernier.

Mais c'est dans la décoration des boîtiers de montres et autres menus objets d'or qu'excellaient les ciseleurs français et le goût de ces fantaisies s'accrut sous le règne suivant. C'est dans ces bijoux plus que dans les restes de la vaisselle royale qu'on peut espérer trouver encore des renseignements. La fatale ordonnance du 14 décembre 1689 condamna à la fonte tous les chefs-d'œuvre de Ballin, de Villers, de Loir, de Dutel et de Pierre Germain, et cet inutile sacrifice, en ne rendant à la France que la valeur vénale de l'argent, lui coûta le prix de la main-d'œuvre et la valeur artistique qu'alors Perrault évaluait déjà dix fois plus haut que la matière. Peu d'objets ont échappé, le roi fut impitoyable, il donna l'exemple et sacrifia sa propre vaisselle, les meubles d'argent, l'argenterie des chambres et les toilettes des dames « *jusqu'à celle de Mme la Dauphine.* » (Dangeau.) Pendant six mois on n'éteignit pas les fourneaux à l'hôtel des monnaies et c'était un lamentable spectacle de voir couper et mettre au creuset les types d'art achevés qui se refroidissaient en lingots informes. L'orfèvrerie religieuse échappa seule à cette destruction.

L'atelier des Gobelins fut fermé et la déclaration somptuaire de 1689 réglementa la fabrication de la vaisselle et des meubles d'argent. Cependant, le roi ne pouvait renoncer absolument au goût qu'il avait eu des belles œuvres d'orfèvrerie, Nicolas Delaunay, qui avait épousé la fille de Ballin, s'appliqua à satisfaire ses fantaisies. Il était habile dessinateur, il avait, avant leur destruction, pris copie des pièces condamnées au feu, il n'était pas seulement orfèvre, mais secrétaire du roy, écuyer, conseiller honoraire de l'Académie royale et directeur de la Monnaie; à tous ces titres, nous voudrions ajouter celui de ciseleur, car dans les travaux sortis de ses ateliers et plus particulièrement en ce qui concerne le « Cadenas » ou nécessaire de table de la duchesse de Bourgogne, la part de la décoration ciselée est importante, mais rien n'indique qu'il ait été lui-même l'artisan de ce travail, Pierre Bain fut orfèvre-émailleur, mais il paraît n'avoir fait que des « *boëttes à montre,* » Pierre Bourdon, de Coulommiers, grava des modèles « *pour les orfèvres, ciseleurs et graveurs.* »

Ce sont les derniers noms que nous ayons relevés dans la fin du règne, le roi est vieux, Versailles est triste, la France a connu les mauvais jours, plus de fêtes, de luxe et de parures; l'art attend un nouveau réveil. Pour qui veut du style Louis XIV étudier la ciselure, c'est à Versailles, des meubles du Palais aux bronzes des jardins, c'est au garde-meuble, c'est au Louvre, c'est dans un petit nombre de collections particulières qu'il faut chercher ce qui reste, puis, dans les œuvres gravées de Le Pautre (tome III), des frères Loire, de Roupert, de Metz; de Théodore Le Juge; de Jean et Claude Berain, de Gilles l'Égaré; de P.-A. Du Cerceau, qui était petit-fils de Jacques Audrouet Du Cerceau, et qui mourut en 1710; de Mouton, qui gravait à Lyon; de Daniel Marot, d'André-Charles Boulle, de Toro, de Masson, de G. Roberday, de P. Bourdon, et de Mondon même. C'est là que dessinateurs, sculpteurs et ciseleurs retrouveront la forme, l'ampleur et le caractère d'un style qui fût majestueux et conforme à l'orgueil du maître, mais où manquent l'esprit, la variété et la grâce françaises.

Louis XIV meurt et la cour jette loin le masque de fausse dévotion dont se couvraient les visages ennuyés, un besoin de liberté agit sur l'esprit et sur le corps raidis par une étiquette prolongée; on est las du grandiose, on a soif du sans-gêne, du rire et de l'imprévu; les beaux-arts comme les lettres participent de cette révolution; la pierre et le métal semblent se remuer d'eux-mêmes en ce réveil étrange, mais la réaction va trop loin, abandonnant toute règle, elle se jette aux excès; l'art ne veut plus d'entraves, il parviendra vite au dévergondage mais restera cependant spirituel et charmant.

Le Régent, qu'on ne saurait accuser de rigorisme, n'aida pourtant pas à cet affranchissement en ce qui regarde l'orfèvrerie. Il avait entrepris de relever les finances du royaume et croyait sage d'entraver l'excès du luxe, il renouvela les ordonnances royales de 1689 et de 1700. Il les fit même appuyer d'une déclaration nouvelle en 1720, signée du jeune roi et renforcée la même année d'un arrêt du Conseil d'Etat. Les ciseleurs travaillaient donc peu d'abord l'or et l'argent, mais l'art du bronze et l'application des cuivres au mobilier gardaient la vogue, commencée au règne précédent, vogue qui avec les Caffieri allait se développer jusqu'à Gonthières.

Ce qui contribua à modifier l'art du ciseleur ce fut surtout la déclaration du 23 novembre 1721 qui, sans rendre à l'orfèvre sa liberté, lui permit de porter à 12 marcs le poids des objets d'argent, à 7 onces celui des ouvrages d'or.

Ce n'était pas assez pour refaire de lourds et riches ornements, mais cela permettait d'inventer de charmantes et capricieuses nouveautés. Ce fut alors en tabatières, en bonbonnières, en étuis, en boîtiers de montres que se dépensa l'imagination du bijoutier, en menues pièces de toilette, en mignons ustensiles de vaisselle que s'essayèrent à composer les orfèvres. On paya en façon compliquée le prix que les règlements défendaient de mettre à la matière, et parallèlement à ceux des ciseleurs qui travaillaient aux bronzes d'ameublement, une autre école de ciselure naquit, dont le spirituel travail conquit la faveur.

Fig. 300. — *Vase en jaspe fleuri, monté en or ciselé (vente Hamilton).*

Dans son histoire de l'orfèvrerie, F. de Lastéyrie gémit sur la décadence de l'art; M. P. Mantz, dans ses *Recherches sur l'histoire de l'orfèvrerie française*, constate le progrès de l'élégance sur le grandiose. Il insiste sur l'esprit des arts charmants et la ciselure est du nombre. Il rappelle qu'un jour Cochin, l'ingénieux dessinateur, lut à l'Académie une dissertation sur la *légèreté de l'outil*, et ce mot heureux caractérise à merveille, dit-il, le mérite des maîtres qui, au XVIIIe siècle, travaillèrent l'or et l'argent.

Ce mot ne s'applique ni à Nicolas Delaunay, qui mourut en 1727, en laissant « des millions à ses deux filles, » ni à Ballin, le neveu du grand Ballin, qui fit l'ostensoir de l'église Notre-Dame, et les surtouts de table du roi d'Espagne, du comte de Dawn, gouverneur du Milanais, et du marquis de Ensada. C'étaient des compositions allégoriques où les figures des dieux et des déesses avaient plus de part que l'ornement. Thomas Germain procéda tout autrement. Les formes ne s'encadrent plus de lignes droites, les courbes sont molles, les profils arrondis, la main n'y rencontre aucun angle. Si le style qu'il résume procède du style Louis XIV, il ne conserve aucune des qualités de grandeur, aucun aspect symétrique.

L'orfèvre garde des motifs anciens, les coquilles qu'il grandit, roule en volute, étage à plusieurs plans. Les grandes feuilles qu'il replie et dont il déchiquète les bords. Il y sème des fleurs, y pose des oiseaux. Dans ce fouillis d'ornements il n'est pas un coin où le ciselet ne pénètre, mais ce n'est plus seulement pour achever la forme et terminer la sculpture du métal, c'est pour colorer de touches variées, la surface de l'or et de l'argent, c'est le début du procédé. Le ciseleur crée des outils nouveaux, il invente les matoirs, les frisoirs et tous les aciers taillés qui font les grains, les stries, les vermicelles, les granulations, les matités et les clairs. Méthodes ingénieuses dont

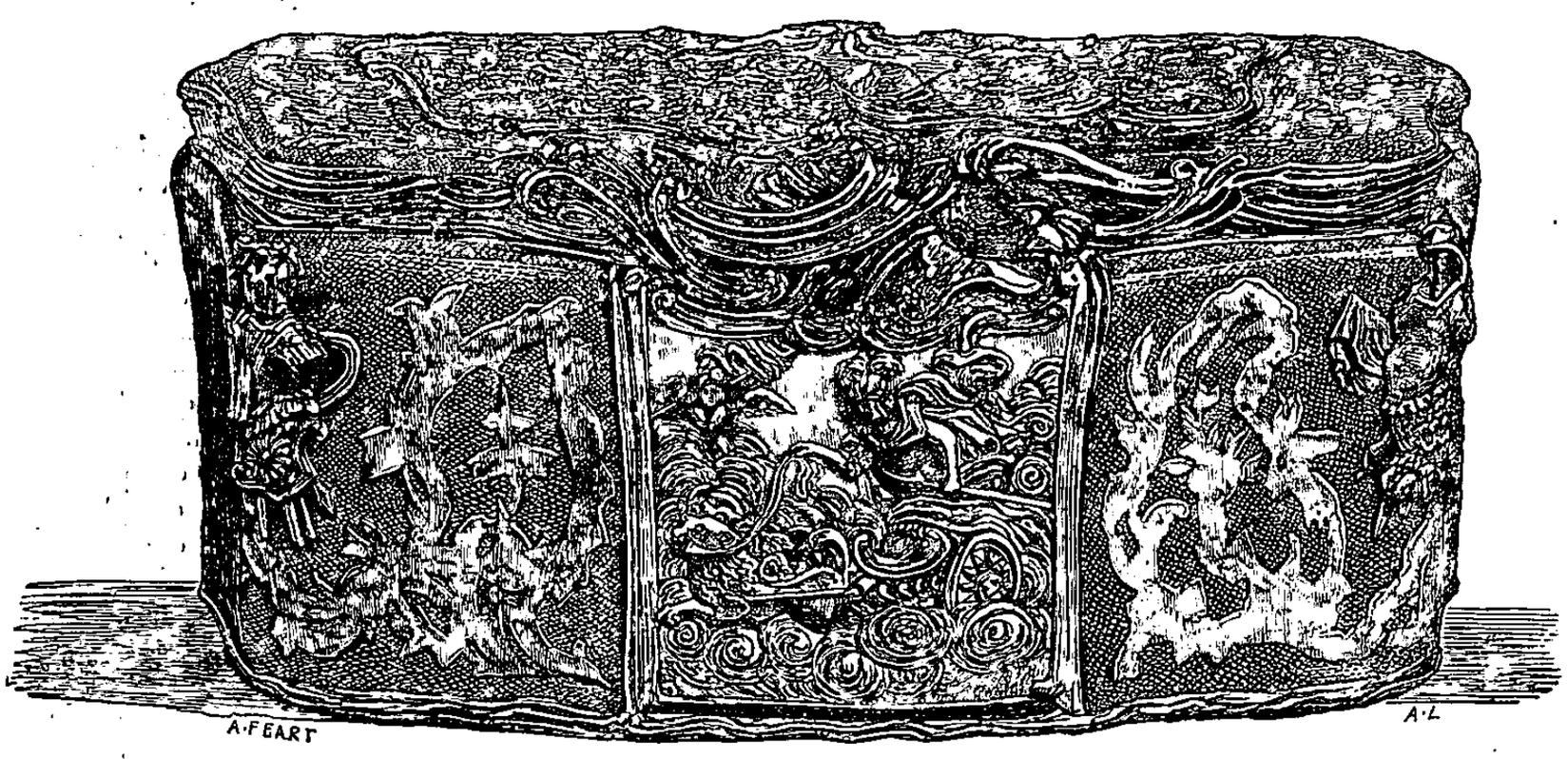


Fig. 301. — *Tabatière, collection Lenoir, au Louvre.*

e progrès s'accentuera ensuite, mais qui constituera un véritable danger pour quelques artistes, plus habiles en ces mièvreries du travail qu'à modeler les formes.

Thomas Germain, cependant, conserve l'élégance et le goût français. Il ne tombe pas aux exagérations où se heurte Meissonnier; il excelle dans l'invention et le *Mercure de France* nous a laissé la description des trente-cinq pièces dont se composait la toilette en argent qu'il fit pour la reine Marie-Leczinska. Le miroir était encadré d'amours et de guirlandes de fleurs de l'exécution la plus précieuse.

Il exécute une autre toilette, en 1732, pour une princesse du Brésil. Une troisième en vermeil pour la reine des Deux-Siciles (1738), une quatrième enfin pour la Dauphine (1745), et celle-là avait coûté soixante mille livres, dit M. Mantz, qui emprunte ces renseignements aux *Mémoires du duc de Luynes*. Il avait fait les pièces d'argenterie que Louis XV offrit au Sultan, la vaisselle du roi de Danemark, les ornements de la chapelle du roi de Portugal, en sorte qu'il contribua, pour une large part, à répandre en Europe les modèles d'un style qui devint bientôt universel et que c'est hors de France qu'on aurait chance de retrouver les œuvres authentiques de Th. Germain qui sont devenues bien rares chez nous.

Ciselait-il lui-même? Cela n'est pas douteux, ou du moins il avait appris à modeler à Rome avec le sculpteur Legros, vers 1690, et y avait exécuté pour les jésuites un saint Ignace en argent, mais le soin des grands travaux qu'il avait à conduire dût lui rendre impossible un travail personnel, et c'est exceptionnellement qu'il avait voulu, en 1734, ciseler l'épée d'or du roi.

Germain mourut à Paris, le 14 avril 1748. Il laissait un fils qui dissipa sa fortune sans aucun profit pour l'art qu'avait illustré son père et son grand-père, Pierre Germain. Mais il ne faut pas confondre avec celui-ci, non plus qu'avec aucun des membres de cette famille d'orfèvres, un autre Pierre Germain qui, né en 1716, d'un marchand de vin, avait été mis en apprentissage chez N. Besnier et avait été reçu maître orfèvre en 1744. C'est ce Pierre Germain là qui est l'auteur des *Eléments d'orfèvrerie* (fig. 298), recueil de cent modèles en deux séries, dont deux sont signés par Jacques Roëttier, et qui ont été gravés par J.-J. Pasquier. Ce Pierre Germain est mort en 1784, la même année que Roëttier, c'est-à-dire 36 ans après Thomas. M. Mantz et après lui M. de Lasteyrie avaient confondu Thomas et Pierre Germain, Jal soupçonnait quelque erreur et n'avait pu trouver les pièces qu'à découvertes M. G. Bapst; c'est celui-ci qui récemment a publié en notes, dans l'Inventaire de Marie-Joseph de Saxe, l'état civil de Thomas Germain et celui de Pierre Germain.

Fig. 302. — *Nécessaire en agate et or ciselé, collection Lenoir, au Louvre.*

Roëttier, sans égaler Germain et sans imiter les exagérations du piémontais Meissonnier, mérite une place entre ces deux orfèvres; il fut ciseleur habile. Ce joli chandelier (fig. 299) suffit à définir sa manière; il commença, en 1745, la vaisselle de la Dauphine qu'on lui paya 300,000 livres, exécuta pour l'Electeur de Cologne, en 1749, un surtout d'une composition plus étrange que belle; il était membre de l'Académie de peinture et de sculpture, à titre d'artiste graveur.

Qu'est-il resté des orfèvreries du roi et des princes? La France était aux abois, la guerre épuisait le trésor, la favorite avait des dettes, Louis XV, qui d'ailleurs n'avait aucun goût pour l'orfèvrerie, ordonna la fonte de la vaisselle royale et obligea sa noblesse à l'imiter. Bien peu parmi les belles pièces ciselées de ce temps nous sont parvenues, ou c'est hors de France qu'il les faut chercher; c'est ainsi qu'à Londres fut vendu, dans la collection Hamilton, un vase de jaspe fleuri dont la monture en or portait la marque de Paris à la lettre S et à la tête de sanglier couronné (nº 488). Cette pièce du plus pur style Louis XV était d'un maître et gardait toute la fleur de l'outil, elle a été payée 2,467 l. st. 10 sh., par M. S. Wertheimer (fig. 300).

Ce qui nous reste, ce sont les mignonnes boîtes montées en or. Il serait intéressant de les réunir en une exposition publique comme on a fait des éventails à Paris et à Londres. Nombréuses encore sont dans les collections privées les tabatières, les bonbonnières, les étuis, les flacons, les montres, les nécessaires : M. et Mme Lenoir, en léguant au Louvre leur collection, ont rendu facile aux ciseleurs l'étude de bons modèles; nous y prenons copie de deux objets : un nécessaire et une tabatière; les boîtes faites de jaspe et d'agate sont montées dans des

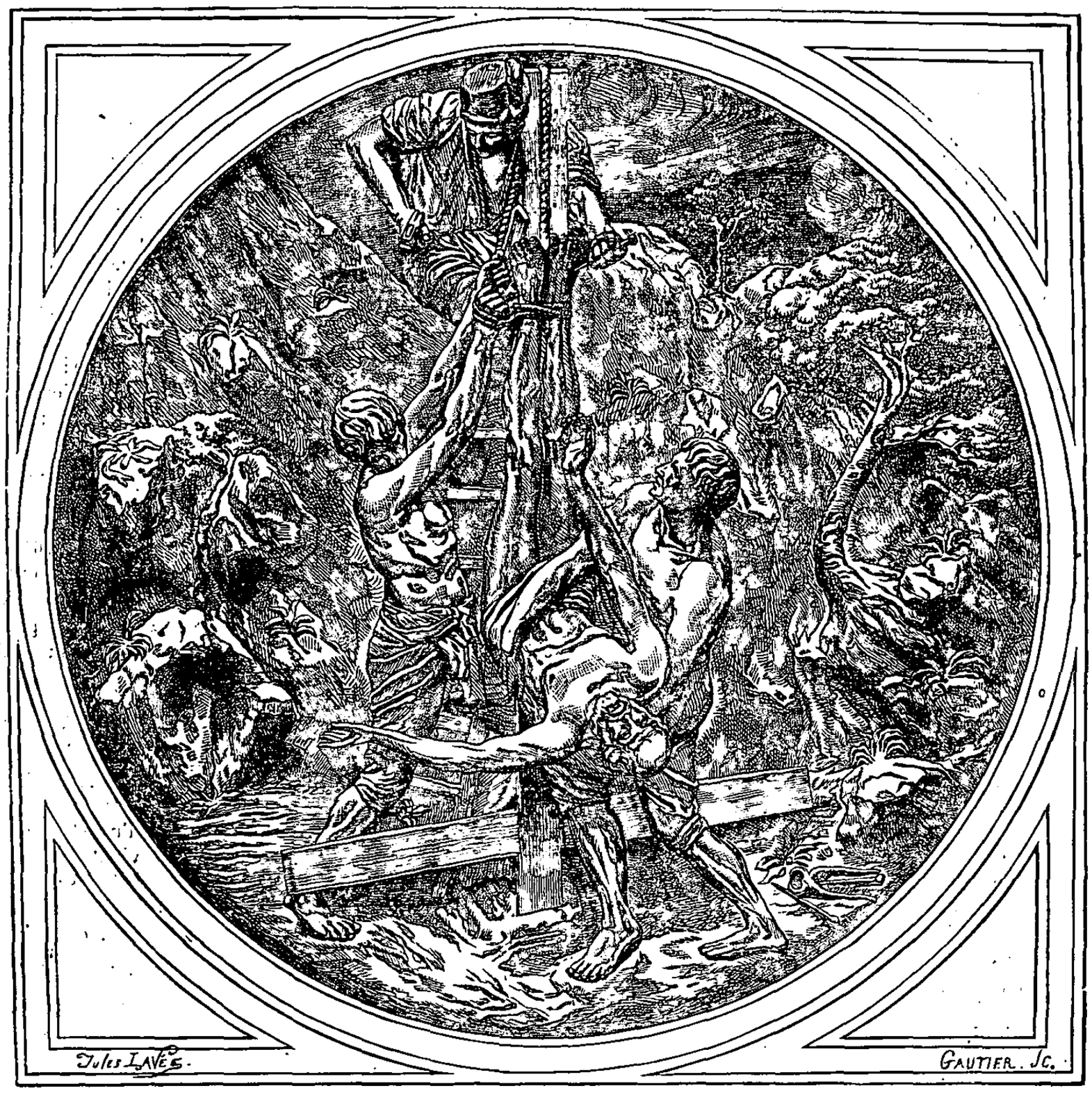


Fig. 303. — *Médaillon d'argent repoussé, travail italien.*

ornements d'or délicieusement ciselés (fig. 301 et 302). C'est au Musée du garde-meuble qu'on étudiera avec fruit la ciselure du bronze, telle qu'on la pratiquait sous Louis XV, le Musée du Louvre possède aussi quelques beaux meubles venant des châteaux royaux. Jacques Caffieri (1678-1755) (V. J. Guiffrey, *Les Caffieri*), fils du sculpteur des Gobelins, fut un fondeur et un ciseleur habile, il a donné une grande impulsion à l'art du bronze en France, mais son fils qui se nommait Philippe, comme son aïeul, le surpassa dans son art et fut *sculpteur-ciseleur du roi*. Le célèbre bureau de Louis XV qui est au Musée du Louvre dans la galerie des dessins est son œuvre la plus vantée; Riesner en a fait l'ébénisterie. Les cuivres de l'horloge astronomique, exposée en 1882 à l'Union centrale, furent modelés, fondus et ciselés par le père et le fils réunis. Au même temps Simon Curé réparait le bronze, mais il ciselait aussi l'orfèvrerie et les bijoux; un autre ciseleur, dont le nom est gravé sur plusieurs des cuivres du garde-meuble, est Saint-Germain; enfin, parmi tant de noms oubliés et que la patiente recherche des curieux retrouve peu à peu, empruntons à notre collaborateur, M. Mantz, celui d'un ciseleur de la même époque, Chancelier.

Il convient parmi les maîtres graveurs dont l'œuvre doit être consultée de citer Meissonnier, Jean Mondon, Babel, qui fût orfèvre et qui a dédié plusieurs planches à M. Dumarest, ciseleur, Pierre Germain, La Datte, qui gravait, sculptait et ciselait et qui marque la transition du XVIIe au XVIIIe siècle, Métayer, qui avait aussi manie le ciselet et qui publia ses compositions à Amsterdam, en

1753; Babin, dont les modèles conviennent à la ciselure du fer, et Lucotte qui, au déclin du règne, donne, avec des dessins d'architecture des modèles aux orfèvres, aux bijoutiers et aux potiers d'étain.

C'est en Italie que la France avait toujours envoyé ses artistes depuis le XVe siècle pour y chercher l'inspiration, mais c'est toujours à la France que l'Europe avait demandé le rajeunissement du goût; si Poussin avait rapporté de Rome les règles sévères du grand art, le crayon de Lebrun et le caprice orgueilleux du roi les avaient singulièrement changées. Oppenord et Thomas Germain avaient été à leur tour étudier et mesurer les monuments antiques, mais ils n'avaient rapporté d'Italie que les formes molles et le style abâtardi d'un art déchu. L'esprit français en avait heureusement corrigé la lourdeur et rajeuni l'idée.

Cependant, si après le grand éclat jeté aux XVe et XVIe siècles, nous avons constaté que la sculpture et l'orfèvrerie avaient bien rapidement baissé en Italie, ce n'est pas à dire que des artistes-ciseleurs, des ouvriers habiles n'y ont pas laissé des traces : Scalzi, Costantinus et Laurentiani, à Rome; Scoppa, à Naples; Giardini après eux ont manié le ciselet et nous ont laissé les modèles gravés de leurs compositions. C'est dans les églises italiennes et dans quelques palais qu'on peut juger par les bronzes et par les orfèvreries de l'enflure du style, de l'exubérance des ornements, du maniérisme des figures (V. le plateau en argent doré de la famille Pepoli, de Bologne). Les Anglais, sous les Stuarts, se sont montrés, très amateurs des ouvrages italiens et nous en avons retrouvé à la vente Hamilton des échantillons nombreux.

Fig. 304. — *Vase composé par Klagmann et offert en 1841 par le duc d'Orléans aux courses de Goodwood.*

Nous nous bornons à reproduire un joli médalilon d'argent repoussé, représentant le martyre de saint Pierre; bien que la part du paysage soit trop importante, il faut remarquer avec quelle adresse le ciseleur a détaillé les finesses, après avoir savamment modelé les corps du saint et des deux bourreaux. Ce médaillon appartient au mont-de-piété de Gênes (fig. 303).

La décadence de l'orfèvrerie n'avait pas été si rapide en Allemagne; à Augsbourg, à Nuremberg, à Francfort il y eut, au commencement du XVIIe siècle, des maîtres dignes encore de ceux du XVIe; la ciselure y était en grand honneur et les musées sont riches en belles œuvres de ce temps, mais ensuite l'ornement s'alourdit, le mauvais goût d'Italie pénètre dans l'empire en même temps que les étranges modes de France. Christopher Jamnitzer meurt à Nuremberg, en 1619; Sande et Symony adoptent les cosses de pois des graveurs français; Raal, Wolf Kyron, Christ Schmidt et les deux Biller, à Nuremberg, puis J.-F. Lauch aident à la transformation d'un style qui parvient au baroque achevé avec Jean-Melchior Diglinger, orfèvre d'Auguste-le-Fort. Les travaux de Diglinger (1665-1731) et de ses fils emplissent une des salles de la Grune-Gœwelbe, à Dresde. S'il y faut admirer une grande habileté de main, le goût y est choqué cependant par l'assemblage étrange des nacres de perles, des émaux, des pierres dures, des métaux variés, et surtout par la composition des scènes les plus compliquées et des proportions les plus fausses. Mais dans cet art de troisième ordre, la part faite au ciseleur est intéressante et quelle que soit son infériorité, comme compositeur et comme sculpteur, Diglinger a droit à un rang honorable parmi les ciseleurs.

Après lui l'art décroît; les chicorées se développent et

se mêlent, le goût rococo français passe en Allemagne, s'y exagère; on l'y traduit sans esprit, le burin et le ciselet n'ont rien de cette légèreté dont parlait Cochin. Nous n'avons plus à constater que la *lourdeur allemande*, ce défaut inhérent à la race, comme le dit le comte de Laborde.

Malgré l'étude, la persévérance, le travail opiniâtre de ces générations d'artistes et d'orfèvres, ils n'ont produit et ne produisent encore que des œuvres bâtardes, de prétentieuses imitations, où se révèlent l'effort et la peine. Consciencieux et patients, les ciseleurs fatiguent de l'outil le fer, l'argent et l'or, ils ont encombré de vaisselle et de bronzes les palais de leurs princes, mais entre les œuvres de Jean Bauer, d'Augsbourg, et celles de Germain, il y a la même différence qu'entre l'esprit de Voltaire et celui de Frédéric.

Ni l'orfèvrerie, ni la ciselure allemande ne surent se dégager des extravagances du style, tandis que les artistes français, par un heureux retour à l'antique, se débarrassaient des ornements surchargés, épuraient les formes et retrouvaient les lignes nobles d'un art pur. Herculanum sortait neuve et charmante des cendres après 1700 ans de sommeil; Cochin, Soufflot, Bachelier, et avant eux le comte de Caylus et Mariette aidaient à cette résurrection, les écrivains du XVIII^e^ siècle la saluaient et encourageaient les efforts des artistes, la critique d'art naissait avec Diderot et suivait pas à pas le ciseleur aussi attentivement que le sculpteur et le peintre. Aussi de quelle grâce nouvelle ne sont pas empreintes toutes les œuvres de métal. Le style Louis XVI compte, parmi les plus habiles ciseleurs, Philippe Caffieri qui meurt en 1774, et Gouthière qui lui succède dans la précieuse exécution des bronzes. Saint-Aubin, Delafosse, Lalonde, Salembier composent les fins ornements dont les ciseleurs s'inspirent; Fontanieu, Marillius et P. Moreau leur dédient leurs planches gravées. Forty modèle, fond et cisèle. Cauvet, Duplessis et Prieur ont dessiné les ornements qu'ils ont ciselés, et ce dernier avait le brevet de ciseleur du roy.

Auguste était le premier orfèvre de Paris, l'orfèvre en titre de la cour. Il apporta dans l'exécution des bijoux les jolies qualités qui distinguent les pièces de ce temps : ors de couleurs rapportés, scènes et attributs en bas-reliefs, le tout précieusement modelé et ciselé, car Auguste cisèle lui-même; il avait débuté en faisant de ses mains, pour M^me^ de Pompadour, une salière et une poivrière d'or. Louis XVI lui fit exécuter la couronne du sacre, Bachelier le cite comme un modèle et les journaux du temps vantent son habileté dans « tout ce qui concerne la vaisselle et les bijoux ciselés (1). »

Prieur, que nous avons nommé, Delarche, Hervieux, Hauré ne traitent pas l'argent, mais le bronze. Le premier modèle, fond et cisèle les cuivres du carrosse royal; Delarche fait en bronze la réduction de la statue de Louis XV élevée à Rouen sur les modèles de J.-B. Lemoyne. Nous en donnons la figure à l'article BRONZE D'ART. Hervieux cisèle les bronzes pour l'église Saint-Sulpice.

Que sont devenues les huit cents tabatières que laissait en mourant le prince de Conti (1776), combien le creuset n'a-t-il pas dévoré de ces mignonnes œuvres d'art? Versailles, les Trianons, Fontainebleau, Saint-Cloud, les Tuileries et le Louvre ont du moins conservé les meubles aux formes droites, aux bronzes ciselés, les garnitures de feux, les lustres, les candélabres, les pendules et tous les cuivres dorés de cette courte période où le joli fût préféré au grandiose, et tout cet art coquet en sa simplicité affectée où se reflètent la grâce et le caractère de la reine.

Dans l'exposition des bronzes du garde-meuble qu'a faite, en 1882, l'Union centrale des arts décoratifs, deux écoles bien différentes se révèlent. L'une à laquelle Gouthières attache son nom, souple et spirituelle. L'autre qui appartient à Thomire, raide et exagérant les sécheresses de la forme.

C'est avec Pierre-Philippe Thomire (1751-1843) que la ciselure renaîtra après la tourmente révolutionnaire, c'est lui qui rattachera la tradition dans l'atelier. Ses défauts s'augmenteront de toute l'influence de David et de son école, des principes posés par Percier et Fontaine. Prudhon lui fournit inutilement des modèles, on a peine à reconnaître le crayon gras et souple du dessinateur dans le ciselet dur et précis de Thomire.

Le berceau, qu'offrit la ville de Paris à l'occasion de la naissance du roi de Rome, avait été ciselé chez Odiot,

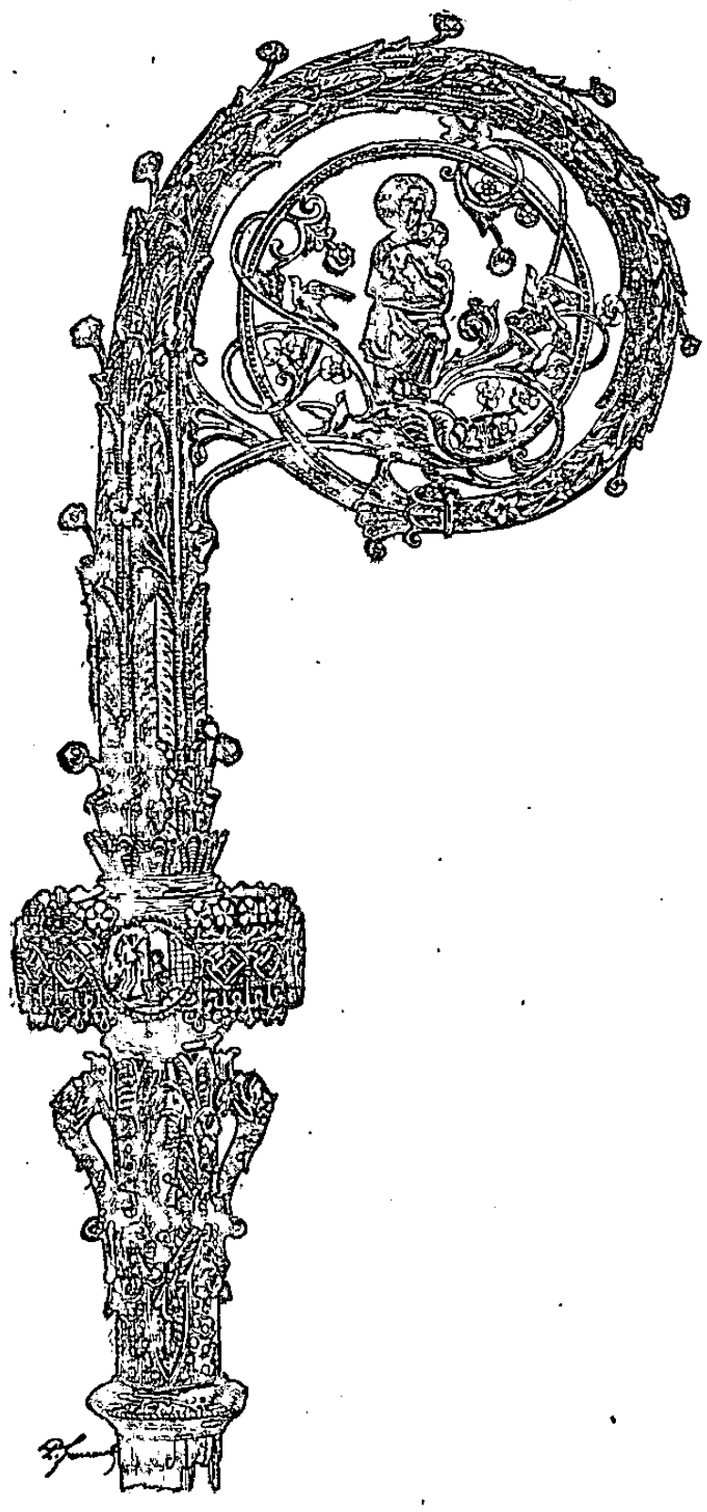


Fig. 305. — *Crosse abbatiale, exécutée par Armand Cailliat.*

mais l'année précédente, l'orfèvre avait déjà confié à Thomire la ciselure de la toilette de l'Impératrice. C'est Thomire encore qui a ciselé les torchères à feuilles d'acanthe, datées de 1811, et la torchère surmontée d'une victoire qui sont au garde-meuble et s'il y a gravé son nom, il ne l'a pas moins signé sur chaque bronze par la façon sèche dont son ciselet marquait l'empreinte.

Le socle carré de la colonne de la grande armée avec ses trophées d'armes et ses uniformes militaires est tout entier de sa main.

Il a travaillé pour Odiot, pour Biennais, il a ciselé les figures modelées par Garneray. Lui qui avait débuté à l'école de Pajou et de Houdon, il a voulu être sculpteur à son tour et a fait du roi Louis XVIII une statue qui n'ajouta rien à sa renommée d'artiste; en 1819, il fonde une fabrique de bronzes dorés, il y associe son fils; à

(1) V. Paul Mantz, *L'orfèvrerie française.*

l'âge de 75 ans il travaille encore de ses mains au surtout de table commandé par Charles X.

Les bronzes de l'Empire et les pendules de la Restauration garnissent encore trop de salons privés et d'antichambres ministérielles pour qu'il soit utile de décrire cet art ingrat, de critiquer l'usure des formes, la précision et la touche correcte et désagréable de la ciselure sur ces cuivres dorés au mat et réveillés au brunissoir. Thierret, Canlers et Ravrio, sont dans le même art les rivaux de Thomire. Ils traduisaient à leur façon le style grec et romain, mais une révolution allait éclater dans les arts et les lettres qui modifia profondément la ciselure. Ce fût sous la Restauration que se forma l'école romantique, elle eût ses novateurs chez les orfèvres comme chez les sculpteurs et les peintres, et Fauconnier fût le premier qui osa rompre avec la routine. Fauconnier n'était ni

Fig. 306. — *Pot à bière en argent ciselé, par Fannière frères.*

modeleur ni ciseleur, mais il sortait des ateliers d'Odiot, connaissait à fond le métier de l'orfèvre, et tous les procédés qui en dépendent. Il fit son premier grand ouvrage pour la duchesse de Berry ; c'était un vase d'argent dont elle fit présent au peintre Girodet. Ce vase, celui que donna au Sultan le roi Charles X, un autre que les gardes nationales de France offrirent par souscription au général Lafayette, sont trois des œuvres capitales de Fauconnier, qui se ruina à poursuivre la perfection dans son art. Tamisier fût son collaborateur préféré : ciseleur capricieux, nature d'artiste, inégal en ses succès, mais le plus habile au dire de Fauconnier et le premier qui ait marqué la voie de l'école nouvelle, il mourut à Londres dans la misère.

A côté de Tamisier, Barye était entré dans l'atelier de Fauconnier comme ciseleur, mais il mania l'ébauchoir plus que le ciselet et nous n'avons pas à dire le grand artiste qu'il a été. Le nom de Barye appartient à la ciselure néanmoins, et parmi ses œuvres il en est beaucoup dont il a ciselé lui-même les modèles. Comme lui, d'autres sculpteurs ont commencé par rifler le bronze et ciseler l'argent, entre autres, Gilbert, qui est resté le modeleur

préféré des frères Odiot et Carrier-Belleuse, dont l'activité s'est étendue à toutes les productions de la sculpture en pierre, en terre et en métal.

Revenons à Fauconnier. Il voulut avant de mourir créer une école de ciselure et, s'il n'y parvint pas absolument, il laissa du moins un atelier à la tête duquel était son neveu Auguste Fannière, et d'où devait sortir ensuite Joseph Fannière, ces deux frères artistes que nous aimons tous et dont nous reparlerons.

Denière donnait aux bronzes l'impulsion parallèlement à Fauconnier l'orfèvre. Dammerat, Jeannest et Lemaire ciselaient les modèles dans ses ateliers, d'un outil moins sec déjà que celui de Thomire et de Ravrio.

Mais c'était là toujours le procédé de la fonte et de la reprise au ciselet. Aucun ne pratiquait le repoussé. C'est à Kirstein que M. P. Mantz attribue les premières tentatives en ce genre. Kirstein était un alsacien qui, en 1810, avait exposé déjà des médaillons en argent relevé et ciselé, et qui reparut au Salon de 1827 avec un bas-relief d'argent repoussé : le Christ et la Samaritaine, et au Salon de 1834, avec divers autres travaux, dont un grand vase d'argent d'un travail analogue. Kirstein vivait encore à Strasbourg en 1835.

Il faudrait emprunter au comte de Laborde les pages qu'il consacre à cette période d'enthousiasme et d'ardeur, pour dire la jeunesse, la foi, le goût que dépensaient si généreusement ouvriers et artistes ; il faudrait surtout lire le rapport qu'écrivit, après l'Exposition universelle de 1851, le duc de Luynes, rapport dans lequel il raconte la renaissance de l'orfèvrerie et de la ciselure, renaissance à laquelle il avait tant aidé. C'était le temps des Feuchère, des Duseigneur, des Geoffroy-de-Chaume, des Chenavard, des Triqueti. Ils sont bien démodés ces chers grands artistes, mais combien peu ont aujourd'hui une foi égale à la leur et de quel effort ils ont entraîné après eux le goût du public et l'ardeur des ateliers.

Mention et surtout Wagner ont suivi leur impulsion et contribué à modifier l'orfèvrerie et les bijoux. Wagner était prussien, mais le succès le sacra parisien de Paris, dès son arrivée en 1830. Il remit l'émail en faveur, il ciselait lui-même, mais savait mieux conseiller et guider les ciseleurs dans l'atelier. Il créa un genre et mourut jeune ; il eut Rudolphi pour successeur, mais celui que lui donna la faveur publique, ce fût Froment-Meurice.

> Nous sommes frères : la fleur
> Par deux arts peut être faite,
> Le poète est ciseleur;
> Le ciseleur est poète.

Ainsi, en 1841, Victor Hugo a consacré par ses vers, Froment-Meurice, le père. Et nous n'avons pas à venir, raturer la légende rimée, en disant que le grand orfèvre n'a jamais tenu ciselet ni marteau; il a droit à prendre ici sa place, lui qui plus qu'aucun, a créé un groupe vaillant de ciseleurs et d'artistes. Citons parmi les meilleurs qui procèdent de lui : Vechte.

Froment-Meurice avait été désigné par Wagner à l'attention du duc d'Orléans. Il devint bientôt l'orfèvre de la ville de Paris, le fournisseur de la cour, le Benvenuto de la société parisienne.

Remontant aux modèles de la Renaissance, il s'en inspira et amena dans l'art du métal un renouveau de goût. Les Expositions nationales en France, l'Exposition universelle à Londres furent les étapes d'un succès croissant ; il mourut en février 1855, sans avoir pu jouir de son dernier triomphe. Le bouclier d'argent (1844), qui appartient à l'empereur de Russie, et dont les bas-reliefs repoussés représentent les exploits du cheval; la coupe des ivresses, qu'a ciselée Vechte et dont la sculpture colossale de G. Doré est une redite; le surtout de table du duc de Luynes (1849), dont la pièce capitale était faite entièrement au repoussé; le calice et l'ostensoir du pape; la monstrance offerte par la reine à la cathédrale de Cologne; les reliquaires qui sont dans l'église de la Madeleine à Paris; la toilette de Mme la duchesse de Parme, travail considérable qui avait eté commencé en 1845 et ne fut achevé qu'en 1851; le coffre de fer du comte de Paris; l'épée de Cavaignac; l'écritoire de

Fig. 307. — *Vase en bronze ciselé, composé par Levillain. Mon Barbedienne.*

Pie IX; voilà, entre cent, les œuvres que signait Froment-Meurice et sur lesquelles s'inscrivaient aussi les noms de Cavelier, de Jean Feuchère, de Duban, de David (d'Angers), de Klagmann, de Geoffroy Dechaume. Muleret, Vechte, Dalbergue, Poux et les Fannière ciselaient, repoussaient, coquillaient et achevaient ces travaux sous ses ordres.

C'était alors vraiment une période d'activité et le besoin d'initiative et de protection que possédait le duc de Luynes, ce grand seigneur artiste, valait mieux que la manie bibelotière de nos soi-disants collectionneurs : le duc n'était-il pas en même temps le plus savant archéologue et le collectionneur le mieux avisé?

En même temps que le duc de Luynes, le père Martin ressuscitait l'orfèvrerie religieuse et guidait de ses savants conseils, Caillet et Bachelet, à qui ont succédé Poussielgue et Chertier, ceux-ci ont continué la tradition de la ciselure dans l'orfèvrerie religieuse, et M. Armand Caillat, de Lyon, y apporte une recherche toute particulière, témoin la jolie crosse ciselée. dont nous donnons un dessin (fig. 305).

Morel et Duponchel rivalisaient avec Froment-Meurice, le premier a perfectionné les moyens de travail de la ciselure et le second a guidé de ses conseils nos ouvriers en même temps que, directeur de l'Opéra, il créait l'art de la mise en scène. C'est à eux qu'est dû le grand surtout de table du prince de Radziwill et la Minerve de Simart dont nous avons déjà parlé. Constant Sévin modelait pour eux et Désiré Attarge ciselait leurs bijoux, Honoré repoussait et finissait leur orfèvrerie d'art.

Les Odiot, qui se sont succédé de père en fils depuis 150 ans, fournissaient et fournissent encore à l'atelier de ciselure que dirige Diomède.

Vechte est mort, après avoir enrichi la maison Mortimer, de Londres, de ses plus beaux ouvrages. Vechte fut un maître en son art et quelque faute de dessin qu'on puisse reprocher aux deux grands vases d'argent que possède le Musée du Luxembourg, il faut admirer le jet de l'artiste, le mouvement des figures et surtout les qualités particulières au ciseleur; les méplats des nus, sont faits de main de maître, les bas-reliefs sont repoussés dans un mode si doux de saillie et si nerveux d'effet, que tout cela constitue le trait distinctif de ce talent. Les œuvres de Vechte qui sont à Londres sont plus savantes et plus belles encore.

Morel Ladeuil, comme Vechte, a porté aux Anglais les ressources de son art. Il invente et travaille depuis 30 ans pour la maison Elkington, et parmi ses productions, la plus remarquée, la plus connue est le grand bouclier de Milton : le Paradis perdu, que possède le South Kensington Museum et dont tous les musées industriels ont la copie. La *Gazette des Beaux-Arts* en a publié une bonne gravure. Morel Ladeuil est un repousseur habile entre tous; mais il détaille ensuite la ciselure avec tant de minutieuses élégances qu'il heurte notre goût en satisfaisant à la mode anglaise. Ses ébauches sont, à notre sens, de beaucoup préférables.

L'orfèvrerie anglaise ne réussit dans l'exécution des œuvres d'art qu'avec l'aide des ciseleurs français; aux noms de Vechte et de Morel Ladeuil, il faudrait joindre ceux de Honoré, de Wills, de Hubert et de nos meilleurs artistes, qui tous ont passé par les ateliers de Londres et de Birmingham et y ont gagné pour les orfèvres anglais les médailles d'or des expositions.

Nous en dirions autant des orfèvres américains, si, depuis peu de temps, ceux-ci n'avaient substitué à nos ouvriers ceux qu'ils ont empruntés au Japon.

L'histoire actuelle de notre métier, la recherche des mérites individuels de chaque ciseleur, artiste ou ouvrier, sont choses délicates et nous n'y voulons pas insister. Qu'il suffise de nommer les frères Fannière dont le nom respecté et aimé peut servir de drapeau à toute la corporation des ciseleurs (fig. 306). Neveux de Fauconnier, nous l'avons dit, ils ont continué son œuvre, ils ont fait de la ciselure une branche d'un art qu'on honore en eux, ici, comme au XVe siècle on le savait faire à Pise ou à Florence. Nous sommes heureux de leur rendre ce témoignage, au nom de leurs confrères, au nom des artistes, et au nom du public qui est bon juge. Bien que capable de tenir un rang distingué parmi les sculpteurs, M. Auguste Fannière n'a pas abandonné le métal pour le marbre; il est resté, avec son frère, fidèle à la ciselure, mais il a donné à ses œuvres un caractère personnel, et c'est bien d'eux et sans partage que sont signées leurs œuvres.

Fig. 308. — *Torchère japonaise, bronze ciselé. Maison Christofle.*

Un autre nom à inscrire à côté des leurs est celui de M. Barbedienne, et bien qu'il ait été cité à l'article Bronze, nous devons le répéter ici, car M. Barbedienne a contribué plus qu'aucun à réconcilier la sculpture avec la ciselure, à faire des bronzes français les premiers, les seuls bronzes du monde, à éditer d'une façon durable

et digne les chefs-d'œuvre de la sculpture, à les vulgariser comme la gravure vulgarise la peinture.

Voici la copie d'un vase de bronze, composé par M. Levillain, dont l'exécution est absolument parfaite. (fig. 307). L'atelier de ciselure de la maison Barbedienne est une école où l'on enseigne le respect du modèle; un artiste d'un talent charmant y garde la haute surveillance, M. Constant Sévin, dont le goût inventif a tant aidé au succès du bronze. Un autre artiste, Désiré Attarge, avait la direction immédiate de la ciselure : il est mort, et je ne crois pas qu'un outil plus délicat, plus franc et plus habile ait remplacé le sien. Gouthières n'aurait pas mieux que lui ciselé les ornements qu'il aimait, son modelé était moins gras, son outil moins coquet et je doute qu'il ait connu les lois du repoussé comme les a connues Désiré. Ce n'est pas dans le style Louis XVI seulement qu'a excellé Désiré, tous les genres lui étaient bons mais il était plus faible dans l'exécution des figures. Nous ne connaissons pas un ciselet qui ait remplace et surpassé le sien.

Dans l'orfèvrerie, la réputation de la maison Christofle égale celle de la maison Barbedienne dans les bronzes ; elle emploie soit dans ses ateliers, soit au dehors, les ciseleurs les plus réputés. Mais sa fabrication n'est pas d'argent, et c'est par la valeur du modèle et la qualité du travail qu'elle supplée à cette économie de la matière. Le service de table de l'empereur en 1855, le grand surtout de l'hôtel de ville en 1867, étaient des pièces capitales que les incendies de la commune ont dévorées, mais les vases, les prix de course, les nombreux ustensiles de la table, les objets de fantaisie les plus divers, lampes, plateaux, aiguières, coupes, etc., sont un thème infini où la ciselure a écrit chez Christofle les styles de tous les temps et de tous les pays; la pensée japonaise a longtemps habité l'usine de la rue de Bondy, il n'en reste aujourd'hui qu'une liberté plus grande, un retour aux modèles donnés par la nature. Les ciseleurs ont montré dans la copie de ces modèles beaucoup de simplicité et d'ingéniosité. Deux grandes torchères, modelées par Guillemin, ont figuré à l'exposition de 1878. Les patines du bronze, les argents et les ors de couleurs ajoutaient leurs tons variés aux effets de la ciselure. Le dessin de l'une de ces torchères rappellera aux gens de goût cette grande et élégante figure de japonaise (fig. 308).

Il est difficile de mener plus loin l'examen de la ciselure. Ce que nous dirions n'appartiendrait plus à l'histoire du métier, mais à la critique et nous pourrions oublier les uns, blesser les autres et compromettre involontairement des intérêts particuliers. Pour nommer les plus dignes, un moyen très simple s'offre à nous : peu d'industries sont encouragées à l'égal de la ciselure, deux hommes de bien ont attaché leurs noms à des concours qui se renouvellent chaque année et qui sont ouverts à tous les ouvriers et artistes ciseleurs.

Par son testament, en date du 27 janvier 1855, Crozatier a, parmi plusieurs fondations qui honorent sa mémoire, institué celle qui porte le nom de *Concours Crozatier*, en voici un extrait.

« Louis Crozatier, statuaire, ancien fondeur et fabricant de bronzes, chevalier de la Légion d'honneur, a institué un legs d'une somme annuelle de 500 francs en rente 3 0/0 sur l'Etat français, pour la fondation d'un prix d'encouragement à décerner, chaque année, à l'ouvrier ciseleur qui aura exécuté avec le plus de perfection un objet de ciselure en bronze ou en argent. »

Le testateur a prévu et réglé les dispositions relatives à la nomination du Jury, à son fonctionnement, et le capital nécessaire ayant été reçu et accepté par la Ville de Paris, un arrêté ministériel, daté du 9 juillet 1858, a approuvé les dispositions, institué la commission et chargé la ville de ce service.

Voici la liste des lauréats de ces concours où l'ornement et la figure alternent.

1859. M. Ruiton a remporté le prix de ciselure, figure, 500 francs.
1859. M. Courtois, le prix de ciselure, ornement, 500 fr.
1860. M. Horsin (Charles), ciselure, figure, 500 fr.
1860. M. Abeille (Jules), ciselure, ornement, 500 fr.
1861. M. Lebeau (Victor), figure, 500 fr.
1862. M. Attarge (Désiré), ornement, 500 fr.
1863. M. Faraoni (Gaëtan), figure, 500 fr.
1864. M. Attarge (Désiré), 2e fois, ornement, 500 fr.
1865. M. Cauchois (Charles), figure, 500 fr.
1866. M. Faraoni (Gaëtan), 2e fois, ornement, 500 fr.
1867. M. Faraoni (Gaëtan), 3e fois, figure, 500 fr.
1868. M. Jolivet, ornement, 500 fr.
1869 et 1870. Pas de concours.
1871. MM. Fannière frère, figure, 500 fr.
1871. M. Poux (François), ornement, 500 fr.
1872. Concours très faible, pas de prix.
1873. M. Lavigne, figure, 500 fr.
1873. M. Fizelier, figure, 500 fr.
1873. M. Michaud, figure, 500 fr.
1874. Concours très faible, pas de prix.
1875. M. Poux (François), figure, 500 fr.
1875. M. Huiltet (Isidore), ornement, 500 fr.
1876. M. Lantilly (Aristide), ornement, 500 fr.
1877. M. Debar (Jeanny), figure, 500 fr.
1878. M. Rault (Louis), ornement, 500 fr.
1879. M. Marioton (Claudius), figure, 500 fr.
1880. M. Nuens, ornement, 500 fr.
1881. M. Alizard (Edmond), figure, 500 fr.
1882. M. Lantilly (Aristide), ornement, 500 fr.

Outre ces prix, des mentions honorables étaient accordées dans chacun des concours, et nous relevons les noms de MM. Empereur, Joux, Courtois, Ruiton, Lenoir, Delavigne, Deurbergue, Colliet, Lebeau, Cauchois, Boutry, Cheron, Marioton, Delavigne, Reichstaster, Gardelet, Vernier, Masselin Brard, Laveissière et Lechen.

L'exemple de Crozatier trouva un imitateur, M. Willemsens, membre honoraire de la Réunion des fabricants de bronzes remit à cette Société, le 1er juin 1863, le capital nécessaire à la création d'un prix annuel de trois cents francs, destiné à être attribué alternativement au meilleur ouvrage de ciselure en ornement ou en figure. Voici la liste des lauréats de ces concours :

Prix Willemsens.

1863. M. Lavigne (Charles), figure, 300 fr.
1864. M. Colliot, ornement, 300 fr.
1865. Pas de 1er prix.
1865. M. Poux (François), figure, 300 fr.
1866. M. Michaut, ornement, 300 fr.
1867. Concours insuffisant. Le prix à reporter sur l'année suivante.
1868. M. Cauchois } *ex-æquo*, { figure.
1868. M. Peureux } { figure.
1868. M. Courtois } *ex-æquo*, { ornement.
1868. M. Décary } { ornement.
1869. M. Michaut, figure.
1870. M. Chéron, figure.
1871. M. Cauchois } *ex-æquo*, ornement.
1871. M. Larraut }
1872. M. Brateau, figure.
1873. M. Jerdelet, ornement.
1874. M. Louis-Alfred, figure.
1875. M. Michaut, ornement.
1876. M. Marioton (Claudius), figure.
1876. M. Ancelmet, 2e prix offert par la Société, figure.
1877. M. Rault, ornement.
1877. M. Frank, 2e prix offert par la Société, ornement.
1878. M. Brard } *ex-æquo*, figure.
1878. M. Charbonnier }
1879. M. Decary, ornement.

1879. M. Brard } *ex-æquo*, 2e prix offert par la So-
1879. M. Chevalier } ciété, ornement.
1880. M. Chéron, figure.
1881. M. Laveisslère, ornement.
1881. M. Rousseau, 2e prix offert par la Sociëté, ornement.
1882. M. Girardot, figure.
Werr, 2e prix offert par la société.

Des mentions ont été obtenues par MM. Drijepond, Terrieu, Poux, Lebeau, Fremy, Attarge, Douy-Courtois, Décary, Cauchois, Chéron, Marioton, Blondelet, Larraut-Duvalet, Charbonnier-Gétault, Boutry-Chéron, Robbe, Girardot, Croquefer, Vernier, Rozy, Francart, Masselin, Trotin, Démoulin, Baré, Abeille, Prévost, Defrain, Perzinka et Gétault.

Nous avons, à dessein, donné tous ces noms qui appartiennent à la grande famille des ciseleurs parisiens et nous ne pouvons mieux la terminer, qu'en y ajoutant les noms bien estimés et bien connus de M. Victor Paillard, président du Jury des concours, et de M. Barbedienne, président de la Réunion des fabricants de bronzes.

De l'abrégé qu'on vient de lire, il faut tirer cette conclusion que nous avions pressentie — que la ciselure et l'orfèvrerie sont intimement liées, qu'elles ont la même histoire, les mêmes apogées, les mêmes décadences, — qu'ainsi que l'orfèvrerie tous les arts du métal sont tributaires de la ciselure, que l'or et l'argent, le fer et le bronze n'acquièrent la perfection de la forme, l'achèvement des figures, la grâce des ornements et la délicatesse de la peau qu'avec son concours.

L'émail, la gravure, le sertissage des pierres sont des procédés de décor, mais de décor à plat dont la couleur, le dessin, la richesse ne suppléent pas aux qualités de forme et de modelé qui sont essentielles. Le sculpteur peut modeler, le fondeur mouler et jeter en métal, l'orfèvre s'aider de la lime et du marteau, le graveur tracer et creuser, il faudra que le ciseleur corrige et achève. Il n'est pas d'orfèvrerie, pas de bijoux, pas d'armes, pas de ferronnerie, pas de bronzes, qui soient parfaits sans lui.

Aussi faut-il lui demander autre chose que d'être habile, il faut qu'il soit savant — autre chose que d'être bon ouvrier, il faut qu'il soit artiste.

Et c'est parce que la ciselure n'est aux mains du plus grand nombre qu'un métier, que sont si rares les pièces vraiment belles.

L'art du métal n'a véritablement été un art que lorsque le maître a consenti à ciseler lui-même la statuette ou le bijou qu'il avait créé.

Le statuaire laisse au praticien le travail laborieux qui consiste à dégrossir le marbre, à mettre au point la statue d'après le plâtre — mais, après lui, de quel soin jaloux ne reprend-il pas le ciseau pour enlever le dernier épiderme et achever l'œuvre qu'il a créée ?

Pourquoi donc ce même sculpteur, qui si souvent voit traduire en bronze la figure qu'il a modelée, se désintéresse-t-il de son achèvement ? Pourquoi ne la reprend-il pas après la fonte comme après la mise au point ? Est-il plus difficile de tenir le rifloir, la molette et le ciselet que la gradine, la râpe et le ciseau ? C'est là une fâcheuse routine, c'est un dédain que n'avaient pas les maîtres du XVe siècle et c'est pourquoi leurs œuvres de métal sont restées supérieures aux nôtres.

A l'École des Beaux-Arts on enseigne la gravure en taille douce — la gravure en médailles, — la gravure sur pierre dure ; après de sérieuses études, dessinateurs et modeleurs apprennent à manier le burin, à conduire le tour à médaille, à tourner la roue du graveur en glyptique — pourquoi n'y enseigne-t-on pas la ciselure ?

Est-il moins digne d'un artiste de repousser directement un bas-relief sur une lame d'argent, que de graver le coin d'acier qui doit estamper la médaille ? Et de quelle ignorance est généralement le sculpteur qui livre à l'éditeur sa statue au lendemain du salon. Il n'entend rien aux coupes que doit pratiquer le fondeur, il lui a créé des difficultés sans nombre ; il a inconsciemment doublé le travail du monteur et, ne pouvant diriger ni aider le ciseleur, il l'accuse de gâter son œuvre ou préfère la lui retirer des mains avant qu'elle soit achevée.

Cet antagonisme des sculpteurs et des ciseleurs dure depuis longtemps et vient de l'ignorance du métier chez les uns, autant que de l'absence d'étude chez les autres.

Nous voudrions qu'un cours sérieux fût ouvert à l'école et qu'un maître y enseignât aux élèves la toreutique. Cet art, qui était en si grand honneur chez les anciens, charmerait bien des imaginations et concorderait avec certaines aptitudes, car il a des propriétés qui lui sont propres et satisfait à des exigences que le marbre et la terre sont impropres à rendre. Tous les élèves apprendraient du moins la pratique des métiers qui sont les annexes de la sculpture ; on leur ouvrirait une voie nouvelle dans leur art, et maintenant qu'on élève aux grands hommes du passé et surtout aux petits hommes du présent tant de statues publiques, on risquerait moins de faire du bronze un emploi maladroit.

Ce cours aurait le sérieux avantage de préparer pour les arts industriels beaucoup d'artistes moins favorisés qui ne pouvant s'élever jusqu'à l'art pur, restent à mi-chemin de Rome et qui, ratés de l'Ecole, vivent dédaigneux de l'industrie et dédaignés du public.

Avec l'ébauchoir ils auraient le ciselet, outil précieux qui les nourrirait mieux. Ils trouveraient autant de gloire à signer la copie en argent d'un bas-relief antique qu'en ont les graveurs à copier les peintures des maîtres. Pourquoi honorer plus le burin que le ciselet?

Mais au lieu d'enseigner la ciselure à l'Ecole des Beaux-Arts, à peine enseigne-t-on le dessin et le modelage dans l'atelier du ciseleur.

La ciselure n'est donc qu'un métier ; l'enfant entre chez un patron ciseleur à 12 ou 14 ans, comme il entre chez un menuisier ou un tailleur. On ne consulte ni ses aptitudes, ni ses goûts. Sur cent ouvriers ciseleurs, quatre-vingt-dix restent toute leur vie des réparateurs inintelligents, grattant, limant et frappant sans souci du modèle. Le petit nombre puise à l'atelier, dans la contemplation des belles formes, cet instinct qui de l'ouvrier peut faire un artiste ; mais que de difficultés, quelles

luttes à soutenir pour cet enfant du peuple qui n'a ni éducation, ni moyen d'études! Où prendra-t-il le temps d'apprendre? Quelle vertu lui faudra-t-il pour suivre les cours du soir, sous la lampe de l'école, ne recevant d'aucun cette éducation de l'esprit qui est aussi indispensable à l'artiste qu'au poète et au musicien.

Combien de génies ont été étouffés dans l'œuf, combien auraient été quelqu'un, s'il n'avait fallu vivre d'abord, assurer le pain de chaque jour pour soi et pour la mère.

Mais il y a des énergiques cependant qui ont triomphé de tous ces commencements. Tous nos ciseleurs, tous ceux qui ont conquis un rang sont sortis de l'atelier, pas un n'a eu la chance de passer par l'école; leur mérite en devient plus grand, mais leur talent porte la marque de ces débuts pénibles; l'artiste n'a pas eu sa liberté, après une enfance souffreteuse, son génie resté malingre n'a pas eu l'aile assez forte pour s'élever, il est resté en domesticité.

La ciselure est un art qui, depuis quatre cents ans, n'a pas eu de maître, il suffirait peut-être de lui ouvrir grandes les portes de l'Ecole et de le mener à Rome pour déterminer la venue de ce maître.

M. Guillaume qui a fait autrefois à l'*Union centrale* une conférence sur la *sculpture en bronze*, M. Guillaume qui est membre de l'Institut, qui a été directeur de l'École, directeur de la division des beaux-arts au ministère et qui maintenant a succédé à M. Ch. Blanc à la chaire d'esthétique, M. Guillaume, qui est un grand artiste, possède là un splendide sujet à reprendre et à développer; nous ne doutons pas qu'il puisse introduire dans l'enseignement artistique la réforme que nous indiquons.

Nous y insistons et non pas seulement dans l'intérêt du grand art, mais avec la pensée que tous les ateliers de ciselure et d'orfèvrerie profiteraient de ce relèvement et suivraient du haut en bas de l'échelle un tel progrès. Il en est grand besoin.

Nous avons glissé à dessein sur la dernière partie historique de ce travail. Ce n'est pas sans réserves qu'on doit louer les œuvres modernes de notre orfèvrerie.

Les modèles n'en ont pas toujours été excellents, mais souvent aussi la ciselure a trahi les qualités du sculpteur.

Celui qui n'a jamais modelé peut-il, sans la gâter, ciseler la réduction d'une statuette antique? peut-il repousser une figure, détailler les muscles d'un cheval? Non, mais il possède à fond la gamme des *chairés* et toutes les ressources d'outils à l'aide desquelles on imite la peau, l'étoffe, le bois, les feuilles, les fleurs, l'eau, tout l'infini des surfaces rugueuses ou douces, et c'est par cette adroite séduction de l'outil, cette irréprochable perfection de l'épiderme, que le ciseleur d'aujourd'hui croit être passé maître; tous sont un peu ficelliers, comme on dit en terme de métier.

Cette habileté est, en tous points, comparable à celle des praticiens d'Italie qui, d'après des modèles assez médiocres exécutent en marbre et achèvent les statues dont nous avons vu dans nos expositions les séduisants échantillons et dont on fait un grand commerce avec l'Amérique.

Ces praticiens-là sont les ciseleurs du marbre, ils excellent à imiter le grain de la peau, le satin d'une jupe, la laine d'une couverture, le bois et la paille d'une chaise, les plis cassés d'un papier, le fer d'une armure. Ce finissage, ce polissage, cette ciselure excitent l'admiration d'un ignorant, mais ne cachent pas à l'amateur la pauvreté de l'œuvre,

Non moins adroits que les praticiens d'Italie, nos ciseleurs français excellent dans l'art d'enjoliver les surfaces et de *fignoler* les détails. Ils ont de meilleurs modèles à suivre et pourtant ils les compromettent.

Quelques-uns composent, peu le font avec succès, désenchantés du métier et se croyant prédestinés, *ils quittent le ciselet pour l'ébauchoir.*

Nous avons nommé deux de ces transfuges plus haut : Barye et Carrier-Belleuse, ceux-là étaient vraiment doués. Cependant Barye eut-il composé pour le bronze ses admirables lions; eut-il su exagérer, comme il convient pour la fonte, le muscle d'un tigre; eût-il modelé avec tant de fermeté Thesée et le Minotaure, s'il n'avait, avec le marteau, tâté la solidité du métal et découvert dans le bronze des effets que la pierre ne donnera jamais? Carrier a trouvé une partie de son art et de son esprit parisien au bout du ciselet d'acier, il use de la gradine pour ombrer ses terres comme un ciseleur use du rifloir et des molettes, il pose des accents, trouve des contrastes qu'on n'apprend à aucune école. Mais il ne cisèle plus et c'est grand dommage : Carrier-Belleuse revenant à la pratique du métier, achevant en or le vase qu'il a modelé en cire, fournirait l'expression véritable et charmante d'un art moderne qui n'aurait rien à envier aux chefs-d'œuvre de la Renaissance ou du XVIII^e^ siècle.

Il ne nous convient pas ici de faire la critique de nos maîtres-ciseleurs. C'est pour n'avoir pas à aborder cette étude délicate, que nous avons donné la liste des concours Crozatier et Willemsens où les noms les plus connus sont mêlés aux noms encore obscurs des débutants. C'est aux tendances que nous nous attaquions et ces tendances *sont le résultat du goût public.*

Ce goût changeant qui par de trop rapides transformations ne laisse pas le loisir d'étudier, cette mode éphémère qui dans l'espace d'un demi-siècle a ressassé les styles de tous les pays et de tous les temps, cet éclectisme affolé qui se double de la manie des antiquailles et met au supplice l'imagination des artistes et des industriels, qu'en avons nous-tiré? Avons-nous un style, un caractère, une expression qui nous soit propre? Nos collaborateurs désorientés ne savent à qui entendre et parmi eux nos ciseleurs sont plus à plaindre qu'aucuns.

Figuristes, ils ont à la fois à ciseler les femmes de Carpeaux et la réduction d'un antique. Un Clodion succède à un Dubois; rondes d'amours joufflus, vierges du XV^e^ siècle, imitations neo-grecques ou copies byzantines, il faut d'un même outil écrire ces formes si diverses, faire abandon de

soi-même, n'avoir ni originalité, ni esprit. Ciseler ainsi demande plus d'habileté que de conviction. Et qu'est-ce, s'il s'agit de l'ornementation dont les formes sont variées à l'infini et qui exigeraient autant d'études spéciales qu'il y a de styles.

Déroutés, nos ciseleurs frappent d'un même outil la feuille romane et la feuille Louis XVI, ils y mettent les mêmes coquetteries et c'est inconsciemment qu'ils accommodent d'une sauce universelle cette cuisine ornementale.

Nous n'avons pas le courage de le leur reprocher. Mais pour remédier à cette énervante revue décorative que menacent de compliquer la manie du bibelot et la multiplication des expositions et des musées, qu'on nous refasse une école, qu'il nous vienne un maître, qu'il osé s'imposer, qu'il soit moins savant de cette science encyclopédique où se fond toute personnalité. Nous aimons mieux un artiste, dont l'esprit ne conçoit qu'une forme, fut-il naïf en sa façon de la rendre, qu'un savant qui dessine tous les styles sans en aimer aucun.

Nos sculpteurs, nos bronziers, nos bijoutiers et nos orfèvres, sollicités par ce goût public aux multiples tendances, deviennent des entrepreneurs, il leur faut une science extrême pour pasticher tous les genres et une merveilleuse connaissance des aptitudes pour choisir l'ouvrier.

C'est pourquoi ils divisent à l'infini le travail, spécialisant la besogne de chacun depuis l'atelier du sculpteur jusqu'à celui du doreur. Un bijou passe par trente mains diverses avant d'être achevé et nul, sauf le patron, n'en a l'idée d'ensemble. Que dirait Benvenuto s'il revenait chez un orfèvre parisien? Ses procédés sont connus mais quel est celui qui les saurait mettre en pratique de sa propre main. L'ornement dessiné par le maître est tracé par un graveur, découpé par une femme, tenaillé et soudé par le bijoutier, ramolayé par un nouveau graveur et ciselé par un ciseleur enfin, car le ciseleur sait rarement modeler les fines ornementations du bijou ; il prendra sur pièce les solides parties de fer d'une grille ou les batteries d'un fusil de chasse, mais il est devenu malhabile à ramolayer l'or. Nous devons, au contraire de toute méthode rationnelle, confier au graveur ce délicat ouvrage, et c'est, contre toute logique, avec l'échoppe, que celui-ci coupe et modèle la frise ou le motif que devrait interpréter le ciseleur, il ne vient plus qu'à titre de *finisseur*, pour enjoliver d'un outil précieux, mat ou grenu, clair ou usé, l'or dont il efface les tailles trop rudes.

Et dans l'orfèvrerie d'argent, qu'ils sont rares aussi les ciseleurs capables de chasser à la ressing un décor hardi, qu'ils sont rares mêmes les repousseurs dont la main élégante et sûre décorait d'une belle forme le fond des coupes, la panse des vases! C'est à ce beau et bon travail si personnel et si plein de grâce que nous voudrions qu'on exerçât à l'Ecole des Beaux-Arts les élèves d'une classe spéciale. Et si la ciselure ne peut pas forcer les portes de l'Ecole, c'est dans un des concours de la Société des fabricants de bronzes, ou par l'initiative de la Société des orfèvres que nous voudrions voir imposer ce programme. Composer, repousser et ciseler dans une forme déterminée ; coupe, vase ou plaquette, un sujet qu'aurait désigné le maître ou qu'auraient choisi les jurés.

Il faut, par tous les moyens, enrichir les arts du métal d'une ciselure plus savante, plus personnelle et mieux enseignée ; il faut lui rendre dans la hiérarchie des arts, le rang qu'elle avait dans l'antiquité et dans l'Italie du xv^e^ siècle, il faut apprendre au sculpteur les ressources précieuses d'un travail qu'il ignore, il faut à l'apprenti ciseleur donner les notions du dessin, la pratique du modelage, il faut à l'artiste et à l'ouvrier montrer à pétrir la cire et le bronze à la fois.

Un peuple, dont nous avons copié trop servilement depuis dix ans les capricieuses inventions, sans les comprendre assez, le peuple japonais, a cette merveilleuse intuition qui nous manque. Il assouplit le métal et lui donne un caractère très spécial. Aussi adroit qu'aucun de nos ouvriers aux coquetteries de l'outil, le japonais n'a souvent recours qu'à des effets plus simples pour animer le bronze, il ne l'emploie jamais à faux, ne traduit pas en métal les mouvements et les formes qui conviennent au bois, à la terre et à la pierre. C'est un instinct chez lui autant qu'une science et de ce goût un peu exagéré que nous avons des bibelots du Japon, il restera, nous l'espèrons, un enseignement inconscient d'abord qui nous pénètrera et nous corrigera de toutes nos illogiques copies rétrospectives.

Le ciseleur japonais dont nous n'avons rien dit, le ciseleur japonais est un des mieux doués parmi tous ceux dont nous avons suivi la longue histoire. Nous ne parlons pas du type créé par l'art japonais, mais des facultés propres au ciseleur lui-même. Il sait tout ce que nous avons appris, oublié et rappris à travers nos civilisations, nos guerres et nos renaissances artistiques; il modèle, fond, cisèle, repousse, prend sur pièce, mais il reste fidèle à la nature, et sans la copier servilement, il en dégage un thème qui nous a paru bien neuf et bien séduisant dès l'arrivée des japonaiseries en France. Tant il est vrai que la nature est l'éternelle créatrice où chaque art se vient renouveler, où tout œil de penseur et d'artiste lit un poème différent. — L. F.

Bibliographie : GARNIER : *Manuel du ciseleur, Encyclopédie* Roret; Ch. BLANC : *Grammaire des arts décoratifs;* VIOLET-LE-DUC : *Dictionnaire du mobilier;* Edm. SAGLIO : Article *Caelatura*, dans le *Dictionnaire des antiquités grecques et romaines*, de Daremberg et Saglio; Fr. LENORMANT : *Les antiquités de la Troade, les antiquités de Mycènes;* O. RAYET : *Monuments de l'art antique;* M. COLLIGNON : *L'archéologie grecque;* LONGPERRIER : *Notice des bronzes du Louvre;* CLÉMENT : *Catalogue des bijoux du Musée Napoléon III;* R. MÉNARD : *Vie privée des anciens*; BAUDRILLARD : *Histoire du luxe;* GUILLAUME : *La sculpture en bronze*, Conférence, 1868; J.-B. GIRAUD : *Les arts du métal; Gazette des Beaux-Arts; Magasin pittoresque;* CHABOUILLET : *Catalogue des camées, pierres gravées*, etc., du Cabinet des médailles et antiques ; Comte de LABORDE : *Catalogue des émaux,* inventaire du duc d'Anjou et glossaire ; Alf. DARCEL : *Notice des émaux et de l'orfèvrerie du Musée du Louvre;* J. LABARTE : *Les arts industriels au moyen âge*; F. de LASTEYRIE : *Histoire de l'orfèvrerie;* F. SERÉ : *Le moyen âge et la Renaissance*, 3^e^ volume, *Orfèvrerie*, par J. LABARTE; BARBET-DE-JOUY : *Catalogue des gemmes du*

Louvre; Benvenuto Cellini : *Mémoires* et *Traité de l'orfèvrerie;* Plon : *Recherches sur la vie et les œuvres de Benv. Cellini;* E. du Sommerard : *Catalogue du Musée des Thermes et de l'Hôtel de Cluny;* J. Hungerford Pollen : *Gold et Silver Smith's work;* Exposition nationale de Bruxelles 1880 : *Catalogue des industries d'art en Belgique, antérieures au XIXe siècle;* P. Mantz : *Recherches sur l'histoire de l'orfèvrerie française;* Comte de Laborde : *Les industries d'art à l'exposition de Londres 1851;* Duc de Luynes : *Rapport sur l'orfèvrerie à l'Exposition de Londres de 1851;* H. Havard : *L'art à travers les mœurs;* G. Bapst : *Exposition rétrospective du métal;* Lacordaire : *Les Gobelins;* Guiffrey : *Les Caffieri;* L. Falize : *Rapport sur les industries des métaux précieux,* Exposition 1876; L. Falize : *L'orfèvrerie, les bijoux et les bronzes en 1878; Gazette des Beaux-Arts*; Union centrale, 1882 : *Catalogue du mobilier national.*

* **CISOIR.** *T. techn.* Ciseau d'orfèvre.

* **CISOIRES.** *T. techn.* Cisailles dont le manche est monté sur un pied, qui servent dans divers métiers, notamment aux bijoutiers.

* **CISSOÏDE.** *T. de géom.* (De , lierre, et εἶδος, forme), c'est-à-dire, qui a la forme du lierre. La cissoïde, en effet, est une courbe qui, en se rapprochant de son asymptote, imite la courbure de la feuille de lierre.

— C'est Dioclès, géomètre grec, qui a imaginé cette courbe vers le Ve siècle de l'ère chrétienne, pour la solution du fameux problème de la recherche de deux moyennes proportionnelles entre deux droites données, problème d'où découle la duplication du cube.

Si d'un point A (fig. 309), pris sur la circonférence de rayon R, d'un cercle, on trace une sécante AC jusqu'à la rencontre de la tangente menée à l'extrémité opposée du diamètre passant par A, on

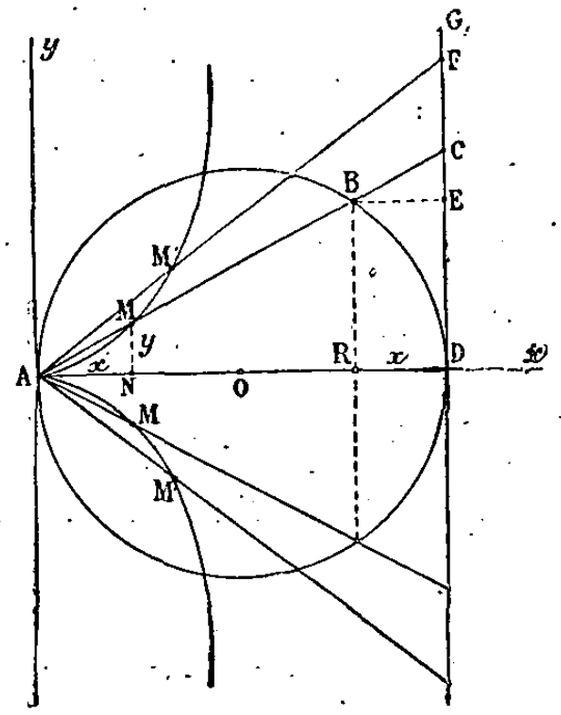


Fig. 309.

obtient un segment de longueur BC. Cette longueur reportée en AM donne un point M. En répétant cette construction en dessus et en dessous du diamètre pour un nombre quelconque de sécantes, on a une série de points M, M'... dont le lieu constitue précisément la cissoïde. Cherchons l'équation de cette courbe rapportée aux axes rectangulaires Ay, Ax. Soit x, y les coordonnées de l'un des points M; les triangles, rectangles semblables AMN, ABR donnent l'équation :

$$(1) \qquad \frac{AM}{AN} = \frac{y}{x} = \frac{BR}{AR} = \frac{BR}{(2R-x)}$$

Les propriétés des triangles rectangles nous donnent l'équation :

$$\overline{BR}^2 = AR \times RD$$
$$AR = 2R - x$$
$$RD = x$$
$$\overline{BR}^2 = (2R-x)x$$
$$BR = \sqrt{(2R-x)x}$$

On a, en reportant dans l'équation (1) :

$$\frac{y}{x} = \frac{\sqrt{(2R-x)x}}{2R-x} = \sqrt{\frac{x}{2R-x}}$$

d'où :

$$y = \sqrt{\frac{x^3}{2R-x}}.$$

Telle est l'équation de la cissoïde, courbe du troisième degré, que l'on peut construire facilement, soit en donnant à y certaines valeurs et en cherchant pour x les valeurs correspondantes, soit par le procédé graphique indiqué par Newton. A est un point de rebroussement, DG est une asymptote, Ax un axe de symétrie.

La conjuguée de la cissoïde dérive de l'hyperbole équilatère, conjuguée du cercle, comme la cissoïde dérive elle-même du cercle. La cissoïde ne présente plus guère qu'un intérêt purement historique.

CITADELLE. Etym. : *cittadella* ou *ciùtadella* (italien), du latin *civitas* (petite cité). Château-fort construit dans une ville sur un point dominant. On peut définir la citadelle : une forteresse qu'un prince fait construire dans l'intérieur oú à proximité d'une ville pour dominer les habitants s'ils sont en révolte, ou pour les défendre contre un ennemi commun s'ils restent fidèles.

— L'origine des citadelles se confond dès les premiers âges avec celle des positions fortifiées et des *châteaux-forts* (V. ce mot). Les premiers conquérants d'un pays par la force armée, ayant toujours à redouter les vengeances ou les révoltes des vaincus, ont cherché à maintenir ceux-ci dans la soumission en élevant des châteaux-forts dans les campagnes et des citadelles dans les villes. A ce point de vue, beaucoup de petites villes fortifiées qui n'avaient d'autre objet que de servir de refuges défensifs aux habitants d'une région restés fidèles à un parti ou à un gouvernement, ont été les citadelles du parti qui les possédait. C'est ainsi que l'on a pu appeler Rome la citadelle du Latium, Grenade la citadelle des Maures, Avignon la citadelle des papes, Anvers la citadelle des Flandres.

Du XIXe au XIVe siècle avant l'ère chrétienne, les chefs des colonies égyptiennes et asiatiques tels qu'Inachus, Cécrops, Danaüs, Pélops, etc., qui vinrent s'établir en Grèce ont débuté par fonder des villes protégées par des acropoles ou châteaux défensifs auxquels ils donnèren leurs noms; c'est ainsi que l'acropole d'Athènes fut appelée Cécropie et celle de Thèbes prit le nom de Cadmée. Ces acropoles étaient de véritables citadelles situées sur le point le plus élevé de la ville (ακροπολις, ville haute) et destinées à garantir les chefs et leurs partisans contre

la piraterie et le brigandage des voisins. En Grèce et en Italie, ces antiques forteresses furent construites dans le style dit *pélasgique* à l'aide de blocs cyclopéens grossièrement ajustés sans mortier ni ciment. Les types les plus remarquables de ces enceintes fortifiées sont les acropoles de Tyrinthe, de Lycosure, de Calydon, de Gortys en Grèce et de Signia en Italie qui, dans certaines parties de leurs murailles offrent les traces d'une construction monumentale très imposante.

La citadelle de Carthage, fondée par Didon, en 843, portait le nom de Byrsa; elle était construite avec des blocs énormes assemblés avec un soin et une solidité remarquables; un siècle après, Romulus fondait Rome par la construction d'une acropole sur le mont Palatin (753).

Dans les Gaules, les Romains établirent des villes fortes et des postes fortifiés, dont quelques-uns ont joué le rôle de citadelle contre les provinces conquises.

En Asie, il faut citer les citadelles célèbres de Tyr, de Sidon, d'Antioche et surtout la tour Antonia, de 18 mètres de diamètre construite par Hérode en l'an 19, et qui fut la véritable citadelle du temple de Jérusalem, prise et détruite par Titus en l'an 70 après J.-C.

La domination des Visigoths, puis des Arabes dans le bassin de la Méditerranée s'est signalée par les construction de kasbahs et d'alcazars d'une architecture originale et surtout fastueuse, palais défensifs qui jouaient le rôle de véritables citadelles (VII^e^, VIII^e^ et IX^e^ siècles). Les principales citadelles de cette époque furent : les alcazars de Cordoue, de Séville, de Grenade (Alhambra), de Calatrava, d'Algésiras, etc. On peut encore faire rentrer dans la catégorie des citadelles, les *cités d'attaque* qu'établissaient, aux XIII^e^ et XIV^e^ siècles, les assiégeants lorsqu'ils mettaient le blocus devant une place forte : telles furent la Mansourah établie devant Tlemcen, le camp retranché de Tiklat devant Bougie, la Santa-Fé des Espagnols devant Grenade, les cités défensives et châteaux-forts élevés par les croisés pour se maintenir en Palestine.

En France, les citadelles du moyen âge furent peu nombreuses en comparaison des châteaux-forts ou forteresses isolées. Cependant, on doit citer comme offrant tous les caractères de véritables citadelles, la maison carrée de Nîmes, les châteaux d'Avignon, d'Aigues-Mortes, la citadelle de Carcassonne, véritable type du genre; les châteaux d'Angers, de Bar-le-Duc, de Laon, d'Etampes, de Péronne, de Château-Thierry, de Blois; le castillon d'Amiens; le château du Temple, le Louvre, et la Bastille, à Paris.

Un certain nombre de ces châteaux urbains avaient été bâtis sur les ruines ou les emplacements de forteresses gallo-romaines ou visigothes. Situés dans des positions tactiques excellentes, très solidement construits, défendus par de larges fossés et flanqués de grosses tours, ils offraient souvent plus de résistance dans les sièges que des châteaux neufs. Aux X^e^ et XI^e^ siècles les rois de France attachaient la plus grande importance à la possession des citadelles des villes. Louis IV, après la prise de Laon, 938, éleva dans cette cité une seconde forteresse. De leur côté, les seigneurs qui voulaient conserver l'indépendance de leurs domaines et y résister au pouvoir royal, s'assuraient la possession de villes importantes en installant dans le bourg un château qui devenait le réduit impénétrable de leur puissance (V. DONJON). Au point de vue de l'art défensif et de la construction, toutes ces citadelles offraient les mêmes dispositions variées que nous avons décrites à l'article CHATEAU-FORT. Mais tandis que les châteaux-forts proprement dits perdent peu à peu leur importance militaire avec les progrès de l'art de la guerre et se transforment en habitations somptueuses de plaisance, les citadelles subsistent et acquièrent une force de plus en plus grande dans les mains des ingénieurs militaires italiens, allemands et français, qui les considèrent comme les réduits inexpugnables de la défense des places fortes pendant les derniers siècles.

Citadelles des places fortes. Les Italiens paraissent avoir été les premiers à introduire les citadelles dans le tracé des enceintes continues de la fortification bastionnée. Elles furent toujours organisées sur une position dominante, de façon à garantir la garnison de la place contre les révoltes de la population et à servir de refuge ou réduit à cette garnison lorsque l'ennemi était parvenu à se rendre maître de la première enceinte. Presque toutes les citadelles des places hollandaises furent élevées au XVI^e^ siècle, pendant la guerre de l'indépendance par les Espagnols, pour maintenir les populations dans l'obéissance. Ce fut aussi dans ce but que furent construites les citadelles de Strasbourg, de Metz et de Verdun. Les principes adoptés par les meilleurs ingénieurs (Pagan, Vauban, Cormontaigne, Cohorn, etc.) pour la construction des citadelles étaient les suivants :

1° La citadelle d'une place doit être assez grande pour contenir une garnison d'environ 4 à 5,000 hommes avec les munitions et les subsistances nécessaires. Elle doit être pourvue de nombreux casernements, magasins, ateliers, etc., construits à l'épreuve de la bombe;

2° Elle doit être placée dans une position telle que ceux de ses fronts qui regardent la campagne soient inaccessibles ou ne puissent être attaqués qu'avec les plus grandes difficultés, afin que l'ennemi soit contraint de faire d'abord le siège de la place avant de diriger son attaque contre la citadelle, ce qui l'oblige à faire deux sièges au lieu d'un;

3° Les ouvrages de la citadelle doivent être très solides et posséder un commandement suffisant pour flanquer et dominer les fronts de la place qui lui sont contigus, de telle sorte que l'assiégeant ne puisse dans une attaque contre la citadelle utiliser aucun ouvrage de la place;

4° On doit ménager, entre la ville et la citadelle, une place ou *esplanade* de 600 à 800 mètres de longueur afin que l'ennemi, une fois maître de la ville, ne puisse pas abriter derrière les maisons de la ville les batteries destinées à ruiner les murs de la citadelle;

5° Si la place-forte est située sur un grand fleuve, la citadelle doit être tracée de manière à pouvoir le flanquer. On doit aussi, si cela est possible, tendre à l'aide d'un barrage une inondation qui ajoutera beaucoup à la valeur défensive de la citadelle;

6° Dans une place maritime, la citadelle doit dominer et défendre le port;

7° On doit les tracer aussi régulièrement que possible suivant un pentagone ou un hexagone et dans le système bastionné.

Quand la citadelle devait être établie à l'extérieur de la ville, on plaçait le centre du pentagone sur la perpendiculaire élevée au milieu d'une courtine de l'enceinte, à une distance assez grande pour pouvoir réserver une esplanade entre le front postérieur de la citadelle et celui de la place. Ce dernier front qui donnait sur l'esplanade était formé d'un simple mur crénelé, tandis que celui de la citadelle était organisé très fortement de façon à dominer et battre la ville.

On ne faisait ordinairement que deux portes aux citatelles, l'une du côté de la ville et l'autre sur la campagne. Dans certains cas cette dernière porte était supprimée pour éviter les surprises.

Dans certains cas, une position élevée, munie à la hâte d'ouvrages de campagne, armés d'artillerie, a pu jouer le rôle d'une citadelle en apportant un concours très efficace à la défense de la place.

C'est ainsi que la fameuse tour Malakoff a été la citadelle de Sébastopol et la clef de la résistance de cette grande place. Son action a paralysé les efforts et les travaux des assiégeants jusqu'à ce que les Français fussent parvenus à s'emparer de ce fort sur les indications données par le général Niel, à qui revient tout l'honneur d'avoir pénétré le système de défense des Russes.

Depuis une vingtaine d'années, les progrès rapides de

l'artillerie ont singulièrement diminué la valeur défensive des enceintes urbaines et des citadelles. Dans la fortification moderne, le caractère et le rôle de la citadelle se sont complètement transformés; on ne pourrait conserver ce nom que pour désigner, dans un camp retranché, le dernier réduit de la défense, c'est-à-dire la ville forte ou le fort principal placé au centre d'un système de forts détachés qui se soutiennent mutuellement et de forts d'arrêt qui interdisent à l'ennemi les principales voies d'accès. Mais cette dénomination est peu employée et l'on semble disposé à adopter le terme de *noyau central*, pour désigner à l'avenir le *réduit principal* d'une région fortifiée. C'est ainsi que la ville de Paris, qui est destinée à jouer le rôle de citadelle par rapport aux forts qui l'entourent, s'appelle le *noyau central* de la région défensive de la Seine. — V. FORTIFICATION.

CITERNE. Réservoir souterrain disposé pour recevoir et conserver les eaux pluviales dans les endroits où les eaux de source manquent ou sont mauvaises.

Pour ses besoins domestiques et surtout pour son alimentation l'homme a besoin d'eau parfaitement pure; or, l'eau qui jouit de cette qualité est excessivement rare. L'eau des nuages est à peu près pure; l'eau de pluie ne l'est déjà plus; en traversant les zônes inférieures de l'atmosphère, elle y rencontre diverses substances qui y flottent, les entraîne avec elle et arrive sur le sol avec un commencement de souillure. Cependant l'eau de pluie qui sort des gouttières fixées aux couvertures de tuile ou d'ardoise, lorsqu'une première ondée a balayé l'atmosphère et les toits, peut-être regardée comme sensiblement pure, et, en l'abritant des poussières qui pourraient s'y jeter et la gâter, on la met en état de se conserver très longtemps. C'est ce que l'on fait dans les pays où il n'y a ni puits ni sources; on recueille l'eau de pluie dans de grandes cavités souterraines, creusées dans le roc ou munies de parois en maçonnerie et que l'on nomme *citernes*. Quand on a un développement de toitures assez considérable pour les alimenter par le seul produit des gouttières, l'eau y est infiniment meilleure que quand on est réduit à y amener les eaux qui ont coulé sur le sol.

— L'usage de ces réservoirs remonte aux temps les plus reculés; on sait qu'il était en vigueur chez les Egyptiens, les Assyriens, les Grecs et particulièrement chez les Hébreux et les Arabes. Dans les villes israélites, il y avait même des citernes publiques de forme circulaire ou quadrangulaire, revêtues intérieurement d'une couche de mortier. Chaque demeure un peu aisée possédait une citerne particulière. Aujourd'hui, ces réservoirs sont encore en usage dans la plus grande partie de la Syrie. Les Romains apportaient un soin tout spécial à l'établissement des citernes, dont ils construisaient les parois en béton. Vitruve nous apprend même que pour aider à la clarification de l'eau on faisait des citernes doubles ou triples. Les maisons de Pompéi étaient pourvues de citernes placées sous l'impluvium, bassin qui recevait les eaux déversées par le toit de l'atrium. A côté de ces réservoirs particuliers, il y avait des citernes à proportions monumentales; nous citerons, parmi les plus célèbres de l'antiquité, les citernes d'Alexandrie, alimentées par les eaux du Nil; la citerne appelée les *Sept salles*, dont les ruines se voient encore à Rome, près des bains de Titus et qui présentait une série de corridors voûtés séparés par des murs parallèles; la *Piscine admirable*, vaste réservoir situé près de Pouzzoles, ayant 225 pieds de long sur 75 de large et 20 de hauteur; la citerne appelée les *Mille colonnes*, commencée à Byzance sous le règne de Constantin et qui occupe le sous-sol de tout un quartier; enfin la citerne d'Imbaher, établie près de l'ancienne Nicomédie et décrite par M. Texier, dans son *Voyage en Asie Mineure*. Les abbayes et les châteaux du moyen âge possédaient également des citernes creusées dans le roc ou maçonnées, avec conduites amenant les eaux pluviales.

De nos jours, l'usage des citernes est restreint par l'emploi des puits artésiens, qui tend à se généraliser. Toutefois, les circonstances locales ne se prêtent pas toujours à l'emploi de ce dernier moyen et les réservoirs destinés à recueillir les eaux de pluie trouvent encore leur application fréquente, notamment dans les établissements agricoles où il faut pourvoir à l'alimentation d'un nombreux personnel et d'une grande quantité de bestiaux. On donne ordinairement aux citernes la forme de cylindres ou de prismes à base carrée ou rectangulaire. Quatremère de Quincy préconise pour ces cavités la forme circulaire, comme étant la plus propre à résister à la pression des terres et la moins sujette aux dégradations intérieures. Quoi qu'il en soit, il importe de n'employer dans la construction de ces réservoirs que des matériaux solides et peu solubles dans l'eau, tels que le mortier de chaux hydraulique, pour relier les pierres qui composent la maçonnerie et le ciment, pour enduire les parois. La couverture, qui doit aussi être étanche, est ordinairement une voûte en pierre. Il convient, en outre, de placer la citerne à portée de l'habitation et à l'abri du soleil, d'en tourner l'entrée au nord, d'y amener l'eau à l'aide de tuyaux ou de caniveaux, qu'il est préférable de faire en poterie, en briques ou en tuiles arrondies; enfin d'y préparer le moyen d'évacuer le trop plein et de refuser même à l'entrée les eaux sales ou de mauvaise qualité. On obtient ce dernier résultat en faisant déboucher les tuyaux de conduite des eaux de pluies dans un *citerneau*, cavité placée à un niveau supérieur à celui du fond de la citerne et qui est ordinairement divisée en deux chambres par une cloison ou dalle percée de trous à sa partie inférieure. L'eau pénètre dans la première chambre, dépose les impuretés de sa surface contre la cloison à claire-voie, passe dans la seconde chambre, continue à s'y clarifier et tombe, à peu près pure, par un déversoir dans la citerne. La purification de l'eau est plus certaine encore si la cloison séparative est double et renferme des couches alternatives de gravier, de sable et de charbon. Quant à la capacité qu'il faut prévoir pour une citerne, elle est basée naturellement sur la consommation, qui, dans une exploitation agricole, se mesure à 10 litres par habitant, 30 litres par cheval, 30 litres par bête à cornes et de 2 ou 3 litres par bête ovine ou porcine.

Telles sont les conditions particulières de l'établissement des citernes en France; mais les modes de construction ou les procédés de clarification diffèrent suivant les pays; les données générales qu'il faut appliquer restant les mêmes. Ajoutons, en terminant, que de nos jours, comme dans l'antiquité, on a construit des citernes à vastes proportions : la citadelle de Besançon en pos-

sède une qui contient plus de 1,200,000 litres d'eau; l'hôpital de Saint-Mandries, près de Toulon, est pourvu de deux citernes. l'une pouvant contenir 1,800,000 litres et l'autre cinq millions.

CITERNEAU. Petite chambre qui précède une citerne et qui sert à la clarification des eaux pluviales. — V. CITERNE.

* **CITÉS OUVRIÈRES.** La question des habitations ouvrières est une de celles qui méritent le plus de fixer l'attention des économistes et des hygiénistes. Il doit répugner à notre civilisation de voir, la plupart du temps, une chambre unique, servir de logis à toute une famille. Les lois de la morale et de l'hygiène sont violées. A son pauvre domicile, où il ne trouve aucune distraction, l'ouvrier préfère le cabaret, la place publique d'où il rapporte à son atelier des principes pernicieux. Ces logements, qui servent de chambre à coucher commune, où le poêle en hiver, le réchaud, en été, servent à faire la cuisine; où les ordures, les eaux sales séjournent souvent une journée entière ; ces logements, disons-nous, sont des foyers de maladies, d'épidémies même, qui une fois déclarées, vont étendre leurs ravages dans les demeures des riches.

Villermé a formulé une loi, confirmée par d'autres travaux, d'après laquelle la mortalité régnant dans une localité est proportionnelle au nombre de gens pauvres qui l'habitent.

Des études sérieuses, des travaux considérables ont été faits et continuent à se faire pour remédier à un état de choses qui touche de si près aux grands intérêts de la Société.

— C'est en Angleterre qu'eurent lieu les premiers essais. Owen, manufacturier, créa une cité où les ouvriers de son usine trouvaient un certain confortable et une certaine aisance. Mais des désastres financiers vinrent assaillir ce philanthrope; l'entreprise, privée de son chef, périclita et n'eut pas de suites. Néanmoins l'impulsion était donnée. En Belgique, en Allemagne, à Berlin, Brême, Brandebourg, des nouveaux essais furent faits, sans beaucoup de succès.

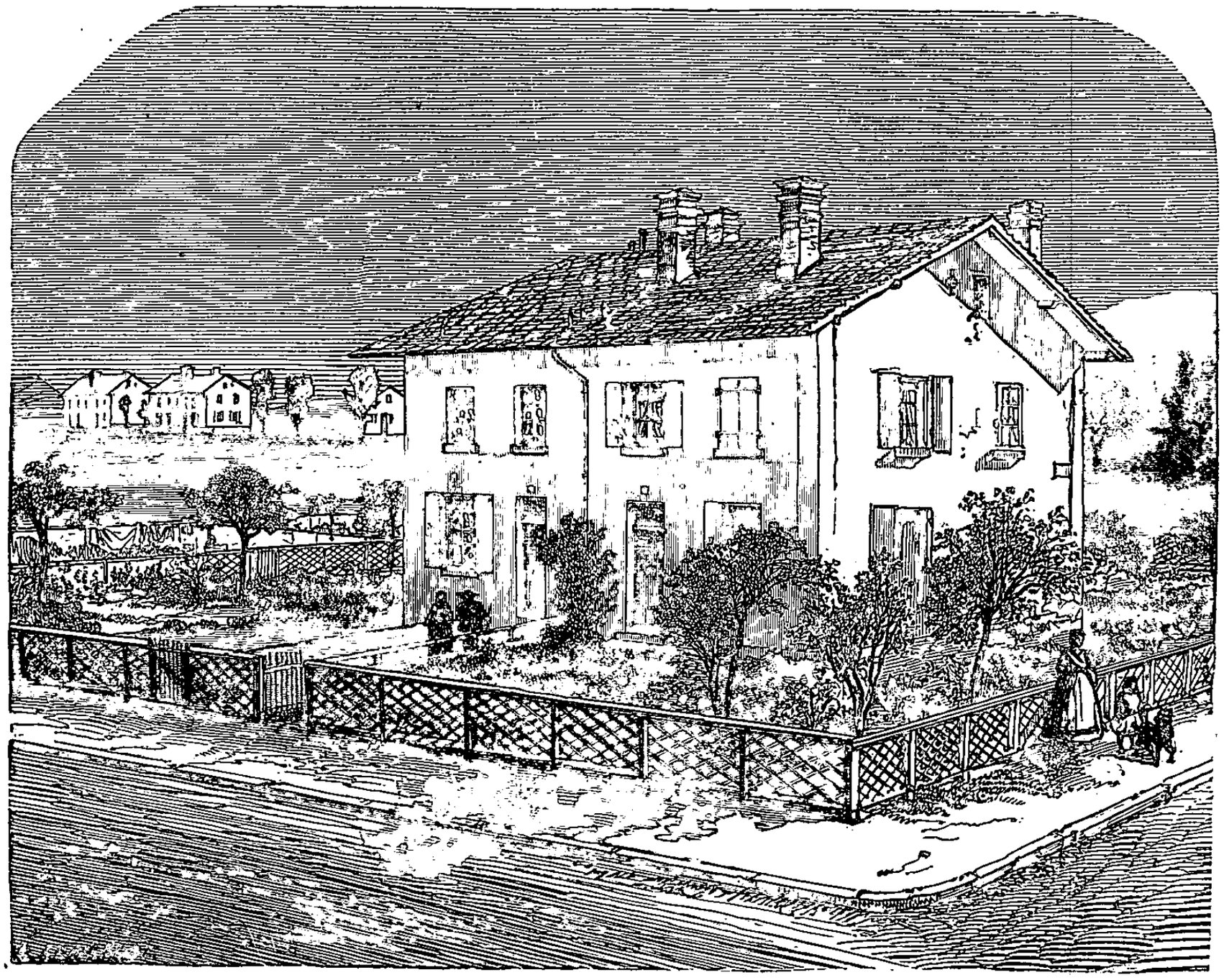


Fig. 310. — *Pavillon de la cité Mulhousienne, pour quatre ménages.*

Il appartenait à la France de faire des tentatives qui, quoique peu nombreuses, ont indiqué la direction à suivre pour arriver à des résultats sérieux et certains. Il nous suffira de citer les cités ouvrières construites à Mulhouse. En 1853, M. Jean Dolfus, maire de Mulhouse, amena, grâce à son initiative, plusieurs grands industriels de la localité à former une Société civile ayant pour but d'acheter des terrains sur lesquels elle devait construire des maisons qu'elle revendrait aux ouvriers, moyennant une faible somme mensuelle à ajouter au prix de la location. L'ouvrier, locataire de la Société, pourrait ainsi au bout d'un certain temps devenir propriétaire de la maison qu'il habiterait. Le 10 juin 1853, cette Société était créée au capital de 300,000 francs divisé en 60 actions de 5,000 francs. Elle s'engageait à construire 300 maisons pour les louer aux ouvriers, le capital engagé ne devant pas rappor-

ter plus de 8 0/0. L'Etat lui accorda une subvention de 300,000 francs, à la condition que les travaux exécutés atteindraient au moins 900,000 francs.

Pour la location simple, la Société prélève seulement 7 1/2 0/0. Si l'ouvrier veut devenir acquéreur, il lui suffit de rembourser par petites sommes le prix de revient avec intérêt de 5 0/0.

La cité occupe environ 100,000 mètres carrés. De larges rues bien alignées, bien pavées, éclairées au gaz, pourvues de fontaines, la sillonnent. Les maisons à rez-de-chaussée ou à un étage sont de trois types différents. Le disposition la plus célèbre est le groupement par quatre, employé la première fois par M. E. Muller. Des jardins parfaitement entretenus et clos par des palissades en bois, entourent ces habitations (fig. 310). On a adressé à ce système le reproche de ne pas avoir de cour pour permettre à la femme de vaquer à ses travaux du ménage : le plus souvent, ces cours sont des foyers d'infection et leur suppression est une heureuse idée. Ce type, nous devons le dire, se loue bien, mais se vend mal. Le deuxième groupement par deux maisons contiguës et adossées donne de meilleurs résultats. La troisième disposition est celle en ligne, les maisons étant contiguës. C'est l'installation employée quand le terrain est en bordure sur une rue coûtant cher d'établissement aux propriétaires riverains. Ces maisons ont en moyenne 5 mètres de façade.

La cité mulhousienne renferme boulangerie, boucherie, épicerie, bains, lavoir public, restaurant (un repas y coûtait, il y a quelques années, 0,30 à 0,35 !). Une salle de lecture permet à l'ouvrier de se délasser et de s'instruire ; une salle d'asile reçoit les enfants pendant que les parents sont à leurs travaux. Les aliments aussi bien que la mercerie, la chaussure, les vêtements, les meubles sont achetés en gros par la Société qui les revend aux ouvriers à des prix très modiques. Le combustible est livré à l'ouvrier au prix coûtant.

La Société des cités ouvrières de Mulhouse est en pleine prospérité. En 1876, les bénéfices ont été de 211,339 francs, contre 189,965 francs en 1875. En 1877, 948 maisons représentant environ 3 millions de francs avaient été construites. Le prix moyen de l'habitation varie de 3 à 4,000 francs. Le nombre de maisons payées est de 461. Les autres sont hypothéquées seulement de 796,740 francs. Les craintes que l'on avait eues de cette réunion d'ouvriers et de l'esprit exclusif que cette situation pouvait développer chez eux étaient absolument sans fondements.

A côté de cet essai couronné de succès viennent s'en placer d'autres malheureusement infructueux. Saint-Quentin, en 1861, voulut imiter Mulhouse ; l'Etat refusa la subvention, ou du moins en accorda une tellement dérisoire que le projet fut abandonné.

Dans le département de l'Aisne, M. Godin-Lemaire a créé sous le nom de *familistère* un établissement où des ouvriers trouvent à se loger et à vivre à des prix très modérés. L'on ne voit plus ici la coquette maison de Mulhouse, mais une construction comprenant deux bâtiments à trois étages avec cour au centre, d'un développement extérieur de 394 mètres, dans lequel se trouvent les services généraux : eau, gaz, éclairage, chauffage. Le prix des logements est fixé au mètre carré, et varie de 0,29 à 0,25 suivant les étages. Un léger supplément grève les loyers des locataires ayant façade sur la ville.

A Paris, de nombreux essais ont été faits sans grand succès. En 1849, une cité ouvrière fut érigée rue Rochechouart sous la direction de Louis Napoléon. C'était à tous les points de vue une véritable caserne qui ne trouva pas de locataires.

D'autres tentatives furent faites par plusieurs Compagnies subventionnées par l'Etat. Le résultat a été médiocre.

Dans ces derniers temps, aux Lilas, près Paris, des essais ont été faits par M. Cacheux, ingénieur. Le terrain a été vendu 15 francs le mètre et on a pu retirer 5 0/0 du capital engagé. Dans Paris même, où l'on trouve des terrains à 10 francs le mètre, la solution de ce problème intéressant les habitations à bon marché, sera peut-être possible. Une Société appuyée par M. J. Dolfus qui s'est adressé à M. E. Muller pour ces études, s'est formée dans ce but.

Espérons donc que dans un avenir prochain, cette question si digne d'intérêt sera complètement résolue.

CITHARE. *T. d'ant.* Instrument de musique en faveur chez les Grecs ; c'était une sorte de petite lyre qui formait un ovale allant en diminuant par une de ses parties et terminée par un manche droit surmonté d'un chevillier recourbé en dedans, muni de chevilles à droite et à gauche destinées à tendre les cordes.

* **CITRACONIQUE** (Acide). *T. de chim.* Acide qui se forme dans la distillation de l'acide aconitique.

CITRATE. *T. de chim.* Sel formé par la combinaison de l'acide citrique et d'une base.

* **CITRICIQUE** (Acide). *T. de chim.* Acide isomère avec l'acide citraconique. On l'obtient par la distillation de l'acide citrique.

CITRIQUE (Acide). *T. de chim.* Acide qui se trouve à l'état de liberté dans la plupart des fruits acides et surtout, comme son nom l'indique, dans le jus de citron, d'où on l'extrait généralement.

— La découverte de ce corps est due à Scheele (1784) ; le chimiste suédois l'a nettement différencié de l'acide tartrique, auquel il ressemble beaucoup. Ses sels ont été étudiés par Vauquelin, Berzélius et d'autres.

Extraction. On commence par débarrasser les citrons de leur écorce et des semences, puis on soumet la pulpe du fruit à une pression énergique ; le jus est abandonné un certain temps à lui-même ; il subit alors un commencement de fermentation, pendant laquelle le mucilage se dépose ; on décante et on filtre. On sature à chaud le liquide acide par la craie ou la chaux ; il se forme ainsi du citrate tricalcique presque insoluble dans l'eau bouillante, qu'on lave à l'eau chaude. Ce sel, décomposé par l'acide sulfurique, donne du sulfate de chaux (Gypse) insoluble et de l'acide citrique libre, qui cristallise par la concentration de la liqueur. M. Perret a proposé de précipiter le jus de citron par la magnésie en excès, puis de traiter une quantité égale de jus par le citrate trimétallique obtenu dans la première opération. On concentre par évaporation et il dépose de beaux cristaux de citrate bi-magnésique. C'est ce sel, susceptible d'être fabriqué sur les lieux de production que M. Perret propose d'exporter.

Propriétés. L'acide citrique cristallise en cristaux orthorhombiques, doués d'une saveur acide agréable, qui renferment 1 molécule d'eau de cristallisation ; cette eau se dégage à 100°. Chauffé à 165°, l'acide citrique se décompose en donnant naissance à différents corps, qui ne présentent aucune application industrielle.

Constitution et formule. La formule de l'acide citrique cristallisé est $C^6H^8O^7 + H^2O$ ou en équivalents $C^{12}H^5O^{11}3HO + 2HO$. L'acide citrique est

tribasique et tétratomique; il peut donc donner trois séries de sels ; jusqu'ici l'acide citrique n'avait pu être préparé synthétiquement ; cette lacune vient d'être comblée tout récemment par les beaux travaux d'un savant français distingué, M. Grimaux, qui a démontré que la formule de constitution de l'acide citrique est bien celle qu'on lui assignait généralement.

$$\begin{array}{l} CH^2—COOH \\ | \\ C(OH)COOH \\ | \\ CH^2—COOH \end{array}$$

Usages. Ainsi que nous l'avons dit déjà à l'article ACIDE, on a employé l'acide citrique en assez grande quantité dans l'industrie des indiennes comme rongeant, en teinture pour aviver certaines couleurs et, en médecine, à l'état de sel magnésien qui, n'ayant pas l'amertume des autres sels de magnésium, est souvent employé comme purgatif ; c'est un antiscorbutique énergique. Les sels de l'acide citrique ne présentant qu'un intérêt purement scientifique, nous les passerons sous silence ; les sels alcalins sont solubles dans l'eau, ceux formés par les autres métaux le sont beaucoup moins. On remplace quelquefois l'acide citrique par le jus de citron, que l'on concentre pour augmenter sa richesse en acide. Le jus naturel a une densité de 1,03 à 1,06 et contient de 6 à 9 0/0 d'acide citrique ; on fabrique à Marseille et à Toulon un jus plus concentré, dont la teneur en acide s'élève jusqu'à 22-24 0/0. Malheureusement, les dissolutions d'acide citrique s'altèrent facilement ; c'est pourquoi il est préférable d'isoler de prime abord l'acide à l'état cristallisé.

* **CITRONNADE.** *Econ. dom.* Boisson preparée avec le suc du citron et que, dans le langage populaire, on nomme *limonade*.

* **CITRONNAT.** *Econ. dom.* Conserve de citron || Sorte de dragée qui contient de l'écorce de citron.

CITRONNELLE. *Econ. dom.* Liqueur qui se fait avec des écorces de citron, séchées au soleil, et infusées dans une bonne eau-de-vie. On la nomme aussi *Eau des Barbades*.

CITRONNIER. *Bot.* Arbre de la famille des aurantiacées, originaire de la Médie. On attribue à Palladius son introduction en Italie, d'où il se répandit dans la Gaule méridionale.

Le citronnier est cultivé en pleine terre, dans les pays chauds en Orient, en Afrique, en Italie, etc. En France, il ne croît bien qu'en quelques points, à Hyères, Nice, Menton, dans le Languedoc. Son bois est blanc, dur, compact, odorant, et susceptible de prendre un beau poli. Il est travaillé au tour et sert à faire des objets d'ébénisterie, marqueterie, de tabletterie, etc...

CIVIÈRE. *T. techn.* Espèce de brancard muni de quatre bras et que l'on emploie soit pour le bardage de certains matériaux, soit pour le transport des blessés. Les civières affectent des formes différentes selon l'usage auquel on les destine.

CLAIE. *T. techn.* 1° Ouvrage d'osier, de forme généralement plate, et qui sert à de nombreux usages : avant les *cribles* on employait des claies pour tamiser le sable, cribler la terre ; on les emploie encore pour faire sécher des fruits, laisser égoutter le fromage, etc. || 2° Faux plancher mobile et à compartiments, posé dans les ateliers où l'on travaille les métaux précieux, afin de recueillir les parcelles d'or et l'argent qui tombent pendant le travail. || 3° Sorte de table à claire-voie en osier ou en toile métallique, sur laquelle les ouvriers trieurs étendent la laine, en la secouant pour le triage à la main. Les poussières et autres ordures non adhérentes aux mèches de la laine, tombent par les ouvertures pendant que la laine reste sur la claie. Aujourd'hui que presque toutes les laines sont triées mécaniquement ou chimiquement après le dégraissage, la claie n'est guère employée que pour le choisissage des laines en suint et le triage des déchets.

* **CLAIN.** T. *de tonnell.* Chanfrein ou biseau que forme le tonnelier sur l'épaisseur des douves.

* **CLAIRAUT** (ALEXIS-CLAUDE), un des plus grands géomètres que la France ait produits. Né à Paris en 1713, mort en 1765. Il fut, dès son enfance, un rare exemple de précocité. Son père, mathématicien distingué, l'initia de bonne heure aux éléments de la science. A l'âge de dix ans, le jeune Clairaut lisait, sans difficulté, les *Sections coniques* du marquis de l'Hospital, et bientôt après le *Traité des infiniment petits,* du même auteur. Il n'avait pas encore 12 ans 8 mois, lorsqu'il soumit à l'Académie des sciences un *Mémoire sur quatre courbes* remarquables qu'il avait découvertes. L'examen que lui firent subir, à ce sujet, plusieurs membres de l'Académie, prouva que ce travail était tout entier de lui. A peine âgé de 16 ans, il fit paraître ses *Recherches sur les courbes à double courbure,* ouvrage qui lui ouvrit les portes de l'Académie; à 18 ans, par une dispense spéciale du roi. Il fut du nombre des académiciens qui, en 1736, allèrent en Laponie, pour mesurer un degré du méridien. L'important problème de la figure de la terre qui occupait alors tous les savants de l'Europe et particulièrement l'Académie de Paris, fut pour Clairaut l'occasion de recherches et de travaux de la plus haute importance. Son grand ouvrage sur la *Figure de la terre tirée des lois de l'hydrostatique,* qu'il publia en 1740, est une œuvre capitale. Les vues neuves qu'il y émit ajoutèrent aux découvertes de Newton.

En 1752, un mémoire de Clairaut sur la *Théorie de la lune,* remporta le prix proposé par l'Académie de St-Pétersbourg. L'auteur tira la raison de cette théorie du *problème des trois corps,* dont la solution fut, quelques années après, l'occasion d'une fâcheuse rivalité entre d'Alembert et lui. Un autre travail qui fait le plus grand honneur au génie de Clairaut est celui qu'il mena à bonne fin, au sujet de la prédiction du retour de la comète d'Halley, en tenant compte des perturbations causées par Jupiter et Saturne. Après les calculs immenses qu'exigeait la conversion en nombres des formules qu'il avait trouvées (calculs pour lesquels il dut se faire aider par Lalande), il put annoncer, dans la séance publique de l'Académie,

du 14 novembre 1758, que la comète paraîtrait vers le commencement de 1759 et qu'elle passerait au périhélie vers le 15 avril de la même année. L'événement justifia ces prévisions : la comète fut aperçue en Saxe, à la fin de 1758 et le 4 janvier 1759 à Paris. La renommée de Clairaut en fut grandement augmentée.

La vie du célèbre géomètre a été bien remplie et son nom sera honoré aussi longtemps que la science tiendra son rang élevé parmi les hautes productions de l'intelligence humaine. Clairaut mourut à Paris, le 17 mai 1756, âgé seulement de 52 ans.

Voici la liste de ses principaux ouvrages : *Recherches sur les courbes à double courbure*, Paris, 1731, in-4° ; *Eléments de géométrie*, 1741-1765, in-8° ; *Théorie de la figure de la terre*, 1743, in-8° (réimprimé en 1800) ; *Eléments d'algèbre*, 1753, in-8° ; 1760, 3e édit. ; 1797, nouvelle édition ; *Théorie de la lune déduite du seul principe de l'attraction*, 1752, in-4° ; *Théorie du mouvement des comètes*, 1760, in-8°, qui établit définitivement que les comètes sont des astres de retour, suivant, comme les planètes, des orbites fermées quoique très allongées. On a aussi de Clairaut un grand nombre de Mémoires sur l'*algèbre*, la *mécanique* et l'*optique* qui se trouvent dans le *Journal des savants* et dans le *Recueil de l'Académie des sciences*. — C. D.

***CLAIRÇAGE.** *T. techn.* Opération que l'on fait subir à une substance cristallisée, pour la purifier, et qui consiste à laver les cristaux avec une solution saturée de la même substance. Les premiers raffineurs ont d'abord donné le nom de *claircе* au sirop clair ou éclairci, c'est-à-dire clarifié par l'albumine, puis à tout sirop, autre que celui appelé *fonte*. Le passage d'un sirop clair, ou claircе, à travers les cristaux de sucre produisant une épuration, on a ensuite appliqué le terme de *clairçage* au lavage de cristaux quelconques par leur solution saturée.

Le clairçage repose sur le principe général suivant : tout liquide, saturé d'un sel ou d'une matière cristallisable, ne peut plus dissoudre de ce sel, mais peut encore dissoudre une nouvelle quantité de toutes les autres substances, cristallisables ou non, solubles dans ce même liquide. Si donc on veut éliminer d'un sel cristallisé les substances solubles qui le souillent, il suffira d'agiter les cristaux avec une solution saturée du même sel, ou de faire filtrer cette solution à travers la masse des cristaux, placés dans un récipient quelconque, ayant la forme d'un entonnoir.

On doit remarquer que par l'emploi du clairçage, on déplace seulement les impuretés pour les accumuler dans une quantité de matière *moindre*, il est vrai, que celle à purifier.

Conditions à observer pour le clairçage. Pour que le clairçage produise le maximum de son effet épurant, il faut que les cristaux soient aussi petits que possible, et tous de même grosseur. Il est, en outre, indispensable que les cristaux à purifier, le liquide saturé (claircе), et le local dans lequel se fait l'opération, soient bien à la même température, et que celle-ci ne varie pas pendant toute la durée du clairçage : en effet, si la claircе est à une température plus élevée que celle des cristaux, elle se refroidit à leur contact et dépose de nouveaux cristaux microscopiques qui obstruent les interstices : la claircе cesse alors de passer ; si, au contraire, elle est plus froide que les cristaux, elle s'échauffe peu à peu, et son pouvoir dissolvant augmentant avec la température, elle dissout des cristaux. Il se produit alors une perte de substance et ce que l'on appelle des *cavernes*, c'est-à-dire des vides entre les cristaux, inconvénient grave pour les substances telles que le sucre raffiné que le commerce veut avoir en blocs compacts et bien homogènes.

Applications du clairçage. 1° *En raffinerie.* C'est surtout dans l'industrie sucrière que le clairçage est pratiqué ; dans les raffineries, pour achever la purification des cristaux qui constituent le pain de sucre, on fait passer à travers la masse pendant qu'elle est encore dans sa forme, du sirop saturé appelé *claircе à claircer*. — V. Raffinage pour le détail de l'opération.

2° *Dans les fabriques de sucre. Clairçage à la vapeur.* Le terme de clairçage étant devenu synonyme de *purification*, puis de *lavage*, on donne par extension le nom de *clairçage à la vapeur* à l'opération qui consiste à injecter de la vapeur dans les turbines servant à séparer les cristaux du sirop qui les baigne (V. Sucrerie). On obtient ainsi du sucre très blanc, mais comme une certaine proportion du sucre se dissout, on voit que le terme de clairçage est tout-à-fait impropre.

Les fabricants de sucre ont souvent intérêt à modifier la nuance des sucres qu'ils produisent ; ils y parviennent en les lavant, toujours à la turbine, soit avec de la mélasse étendue, soit avec des sirops très colorés, caramélisés par un chauffage volontairement exagéré : c'est le *clairçage à la mélasse diluée ;* on emploie, dans le même but, des matières colorantes brunes, dérivées de la houille. Ces pratiques, sévèrement prohibées en France, tant que les sucres bruts étaient soumis à l'impôt suivant leur nuance, sont devenues licites depuis la promulgation de la loi qui impose les sucres d'après leur richesse. Aujourd'hui, la plupart des sucres destinés à l'exportation dans les pays qui ont conservé l'impôt à la nuance, sont ainsi colorés artificiellement.

Autres applications du clairçage : *analyses chimiques*. Plusieurs méthodes d'analyses de substances industrielles sont basées sur le principe du clairçage. Nous citerons :

1° Le procédé Riffaut pour l'essai des salpêtres (azotates de potasse) qui consiste à laver à plusieurs reprises un poids donné de salpêtre avec un volume déterminé de solution d'azotate de potasse pur, égoutter les cristaux et les repeser ensuite. Le résidu sec est supposé être du sel pur. — V. Salpêtre.

2° Le procédé Payen pour l'essai des sucres bruts. Le sucre pesé est lavé avec plusieurs solutions alcooliques de différents degrés, additionnées ou non d'acide acétique, et toutes saturées de

sucre à la température ambiante. — V. SACCHARIMÉTRIE.

3° Le procédé du Dr Scheibler pour le même usage, et qui n'est qu'une modification du précédent mode opératoire et des instruments employés. — V. SACCHARIMÉTRIE. — P. G.

***CLAIRCE**. *T. de sucr.* Sirop de sucre ayant subi une clarification. — V. l'art. précédent.

***CLAIRCER**. *T. de sucr.* Soumettre le sucre à l'opération du clairçage.

***CLAIRCIÈRE**. *T. de tiss.* Défaut qui se produit dans un tissu lorsque l'écartement des duites est trop prononcé.

***CLAIRETTE**. *T. techn.* Petite brosse à l'usage des peintres en bâtiment, pour nettoyer les teintes en excès dans les angles des panneaux, à unir les glacis, à *spalter* les bois; de là son autre nom: *brosse à spalter*.

***CLAIRE-SOUDURE**. *T. techn.* Sorte d'alliage de plomb et d'étain; on dit aussi *claire-étoffe*.

CLAIRE-VOIE. *T. techn.* Outre qu'il désigne une clôture, formée de barreaux espacés, ce mot s'applique, en *arch.*, à une suite de fenêtres de l'étage supérieur de la grande nef d'une église; principalement de la période ogivale, on dit aussi *clair-étage;* en *tiss.*, au tissu qui n'est pas serré et qui laisse du jour entre les fils de la chaîne; en *constr.*, à un ouvrage dont les pièces sont séparées les unes des autres par des espaces vides.

CLAIR-OBSCUR. *T. d'art.* On nomme ainsi, dans la peinture, la manière de traiter la lumière et les ombres, en les combinant de façon à les faire valoir les unes par les autres. On donne le même nom aux planches gravées à la manière noire.

CLAIRON. Le clairon est composé d'un tube en cuivre conique replié sur lui-même, suivant la forme représentée dans la figure 311, avec une embouchure à bocal et un pavillon. Le tube est continu sans trous ni clefs, aussi cet instrument ne donne-t-il qu'un nombre très limité de notes, la note fondamentale et ses harmoniques. Le clairon est un instrument réservé presque uniquement pour la musique militaire, auquel il convient parfaitement à cause de ses sons clairs et pénétrants.

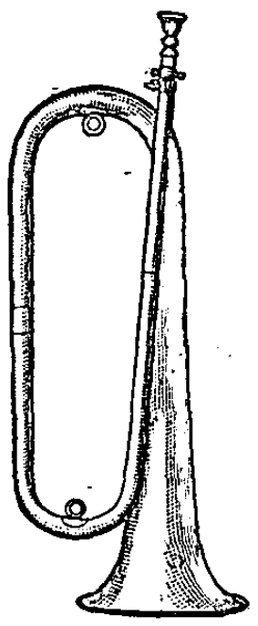


Fig. 311. — *Clairon.*

Clairon-trompette. Cet instrument réunit le clairon en *si* b de l'infanterie et la trompette en *mi* b de la cavalerie, tout en conservant très nettes et très distinctes les tonalités propres à chacun de ces instruments. Ce résultat est obtenu par le moyen d'un cylindre, dont il suffit de fixer la touche, sur le point marqué C, pour obtenir les sons du clairon, et, pour la trompette, sur le point T; figure 312, le fonctionnement de ce cylindre s'opère avec facilité et promptitude; sa simplicité évite toute espèce de détérioration. Si après quelques jours de repos le cylindre fonctionnait difficilement, c'est qu'il se serait produit de l'oxydation : il faudrait alors dévisser la plaque de dessus, essuyer l'intérieur et l'humecter avec de la salive, en ayant bien soin de ne jamais employer de lime, ce qui perdrait complètement le cylindre.

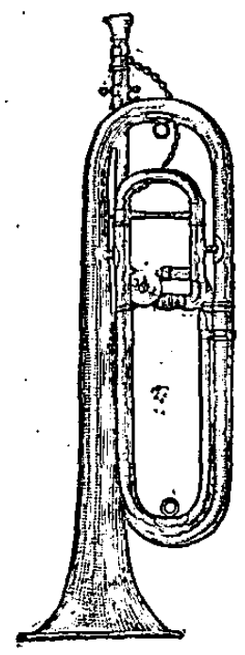


Fig. 312. *Clairon-trompette.*

Il est nécessaire d'observer que, pris séparément, le clairon et la trompette sont deux instruments différents nécessitant chacun un travail préliminaire pour produire l'émission bien distincte des sons; c'est-à-dire qu'il faut, pour la trompette, pincer les lèvres, tandis que, pour le clairon, il faut les desserrer.

***CLAMEAUX**. *T. techn.* Clous ou crampons de fer plat ou carré à deux pointes coudées.

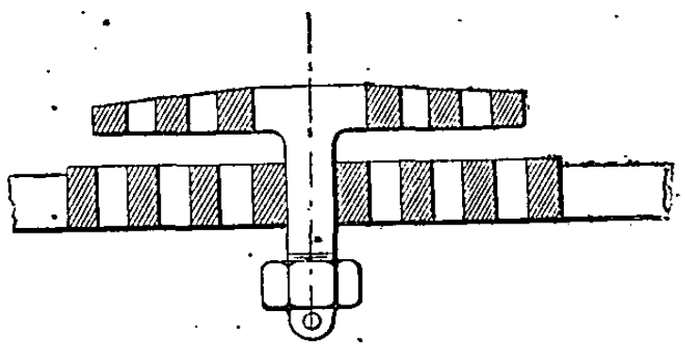
***CLAMPE**. *T. techn.* Sorte de crampon à l'usage des charpentiers.

***CLAN**. *T. techn.* Morceau de bois, destiné à arrêter sur la herse les peaux qui doivent être travaillées en parchemin; on écrit aussi *cland*.

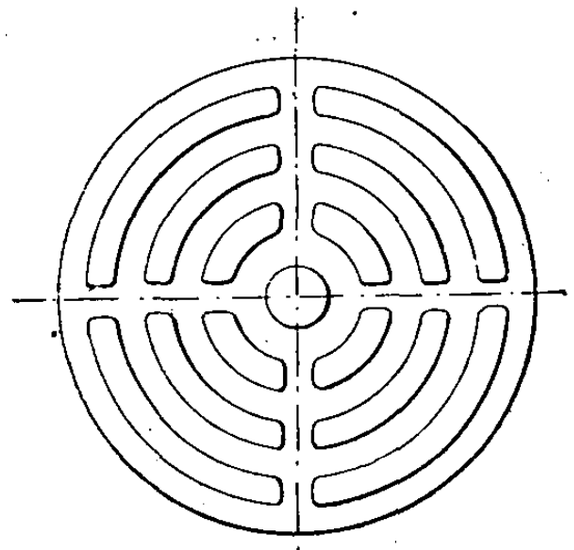
***CLANCHE**. *T. techn.* Petit organe du métier à filer, servant à enrayer le fonctionnement d'uu ressort. Dans le mull-jenny, le compteur de torsion fonctionne au moyen d'un ressort qu'une clanche empêche de se détendre avant la fin du travail. — V. MULL-JENNY

CLAPET. *T. de mécan.* Organe essentiel de la plupart des pompes à mouvement rectiligne alternatif. Le qualificatif ajouté au clapet définit la fonction qu'il remplit; le *clapet d'aspiration* est celui qui livre passage à l'eau qui s'introduit dans une pompe, le *clapet de refoulement* permet la sortie de cette eau. Dans une pompe à air, le premier de ces clapets reçoit le nom de *clapet de pied* ou de *clapet du condenseur* et le second celui de *clapet de tête* ou *de bâche*. Le *clapet de retenue* est destiné à empêcher l'écoulement du volume d'eau nécessaire pour remplir le tuyautage d'une pompe centrifuge, afin de faciliter l'amorçage de cette pompe; il sert aussi à maintenir une certaine charge d'eau, etc. Le *clapet de sûreté* a pour but de prévenir la rupture du tuyautage ou du récipient dans lequel se rend l'eau refoulée par une pompe; il est chargé par un ressort dont la tension est un peu supérieure à la pression hydraulique que doit supporter le tuyautage ou le récipient. Par son fonctionnement, il prévient de l'oubli de l'ouverture d'un robinet de sortie ou de décharge. On place ces clapets sur les conduites d'eau, les collecteurs d'incendie sous pression, les bâches, etc.

On donne encore dans la marine, le nom de *clapets de sûreté*, à ceux qui sont disposés sur un tuyautage sous-marin, de telle sorte que l'eau puisse sortir du bâtiment, sous l'action d'une pompe ou de la pression des chaudières, et que l'eau de la mer ne puisse pas entrer dans le navire, pendant les intermittences de fonctionnement de la pompe ou de l'extraction. Le *clapet de trop plein* des pompes alimentaires est également un clapet de sûreté ; il permet le retour de l'eau d'alimentation vers la bâche, lorsque le régulateur d'alimentation est fermé à la chaudière. Le *clapet de décharge* est celui placé soit contre l'orifice d'évacuation de l'eau, soit dans le voisinage



Coupe par l'axe du siège et du clapet



Plan du siège

Fig. 313.

de cet orifice ; il est habituellement automoteur, afin de prévenir tout accident qui pourrait résulter d'un oubli d'ouverture.

Les formes de clapets sont très diverses : ils sont rectangulaires, carrés, circulaires, annulaires, sphériques, à boule, à butoir, à charnière, etc.

Les matières le plus généralement employées pour leur confection sont : le bronze, le caoutchouc, le cuir et la toile. Ces deux dernières matières sont d'un usage assez restreint ; la dernière sert parfois, à bord des navires, pour l'établissement de clapets *de fortune*, c'est-à-dire pour remplacer des clapets détruits, quand on n'a plus de clapets de *rechange* à sa disposition.

Le bronze est adopté, à peu près uniquement, pour les pompes alimentaires et les pompes de cale. Pour éviter le bruit produit par les clapets de ces dernières pompes, surtout lorsqu'elles fonctionnent à vide, on fait usage depuis quelques années de clapets annulaires dont la figure 313 représente le plan et la coupe. Les vides dans le cercle du clapet correspondent aux pleins du siège et inversement, il en résulte qu'on n'est plus obligé de ménager une levée égale au quart du diamètre du clapet pour éviter la contraction ; les battements sont par suite moins sonores. Dans le même but, on interpose parfois entre le dessus du clapet et le dessous du butoir une rondelle en caoutchouc. Le caoutchouc, vulcanisé ou non, a presque partout remplacé le bronze pour les clapets de pompes à air ; avec l'allure de plus en plus rapide des machines actuelles, le jeu des clapets en bronze occasionne un tapage assourdissant, lorsque par suite d'une diminution d'arrivée de l'eau, pour une cause quelconque, ils fonctionnent dans un milieu ne contenant que de l'air et de la vapeur à une très faible tension ; en outre, les sièges sont assujettis à un matage assez prompt, en raison de la rapidité des mouvements.

Les clapets du piston de la pompe à air d'une ancienne machine du Creusot, dont l'allure ne dépasse pas 30 tours par minute sont formés de deux couronnes en bronze, concentriques au piston, guidées par les pieds de six butoirs fixés dans le corps du piston, la levée de ces couronnes est limitée par la hauteur des butoirs.

Dans les nouvelles machines du Creusot, le piston de la pompe à air est à fourreau, il porte 6 clapets circulaires en caoutchouc maintenus chacun par un butoir ; le siège supérieur porte également 6 clapets de tête semblablement disposés, l'eau passant au-dessus de ces clapets se rend dans la bâche par une ouverture latérale. Le siège inférieur communique avec le condenseur, il porte un clapet de plus à son centre. L'usine des Forges et Chantiers de la Méditerranée fait usage, pour une pompe à air, d'une disposition analogue dans laquelle les 6 clapets en caoutchouc au lieu d'être circulaires ont la forme de secteurs tronqués.

Les clapets en caoutchouc sont attaqués par les graisses et les huiles provenant des condenseurs par surface ; on doit les démonter de temps à autre pour les laver dans une solution de potasse et les remettre ensuite en place.

Le mode de conservation des clapets de rechange en caoutchouc qui paraît donner les meilleurs résultats, consiste à les tenir renfermés dans un endroit humide, à l'abri de la lumière. C'est ainsi que des clapets du vaisseau le *Saint-Louis* ont été trouvés intacts, au bout d'une vingtaine d'années de séjour dans un caisson du magasin de la machine situé dans la ligne d'arbres de ce bâtiment. Ordinairement on place les feuilles de caoutchouc dans une caisse en tôle zinguée remplie d'eau douce, cette eau est changée de temps à autre, tous les quinze jours environ. L'expérience du *Saint-Louis* paraît prouver que la présence de l'eau n'est pas indispensable pour la conservation du caoutchouc. Des bandes découpées dans les clapets conservés comme nous venons de le dire ci-dessus, ont été assujetties à toutes les expériences imposées lors de la recette des clapets, elles ont parfaitement supporté toutes les épreuves, ce qui démontre que les propriétés du caoutchouc n'étaient nullement altérées.

* **CLAPEYRON** (Benoît-Paul-Emile). Né à Paris le 26 février 1799, où il est mort le 29 janvier 1864. Ingénieur, sorti de l'Ecole Polytechnique dans le service des mines. En 1820 il partit en Russie, où jusqu'en 1830, il dirigea différents travaux, tout en occupant à l'Ecole de travaux publics de Saint-Pétersbourg, la chaire de mathématiques pures et appliquées. De retour en France, il conçut, en 1835, les projets des lignes de chemins de fer de Paris à Saint-Germain et à Versailles (rive droite), en donnant lui-même le plan des locomotives destinées à ce service. De 1837 à 1845, il étudia les tracés des chemins de fer du Nord et, à partir de 1852, eut une part active à l'établissement des lignes du Midi. On doit à Clapeyron l'établissement des grands ponts métalliques d'Asnières, sur la Seine, des ponts sur la Garonne, le Lot et le Tarn. Il est mort étant ingénieur en chef de première classe, professeur à l'Ecole des ponts et chaussées, et membre de l'Académie des sciences où il avait succédé à Cauchy. On a de Clapeyron, outre divers mémoires, très remarquables, sur la théorie mécanique de la chaleur, un premier ouvrage publié avec la collaboration de MM. Flachat et Lamé, ayant pour titre : *Vues politiques et pratiques sur les travaux publics en France* (1832 in-8°) et un autre : *Plan d'école générale et spéciale* (1833).

* **CLAPOT** ou **CLAPEAU**. On donne, en général, le nom de *clapot* à un appareil destiné à laver les étoffes en boyau. Il se compose en principe de deux cylindres unis placés l'un sur l'autre. L'étoffe imbibée d'eau passe entre ces deux cylindres, subit une pression qui fait rejaillir le liquide et opère ainsi le nettoyage.

— On ne sait au juste quel est l'inventeur de cette machine. Leuchs attribue à un rouennais, nommé Graf de La Boulain, la première application du clapot auquel on donne aussi le nom de *rouennaise*. Primitivement le rouleau inférieur était cannelé dans le sens de l'axe du cylindre, de sorte qu'après le passage de chaque cannelure, il se produisait un saut du rouleau de dessus d'où aussi le nom de *sautoir* ou *sauteuse*.

Le clapot ordinaire (fig. 314) se compose de deux cylindres en bois de 30 à 40 centimètres de diamètre et d'une longueur variant de 1 à 5 mètres. Les deux rouleaux tout à fait unis, quelquefois garnis de cordes de chanvre, d'aloës ou de coton pour mieux exprimer, tournent en sens inverse sur leurs axes placés dans des rainures pratiquées dans l'épaisseur du support. Ils tournent par entraînement et la force motrice est appliquée sur l'arbre inférieur. Au-dessous, se trouve soit un canal soit un réservoir dans lequel est adapté une tournette qui sert à tendre les plis de la pièce et à les maintenir sous l'eau pendant le dégorgeage.

Au-dessous du cylindre inférieur, à environ quarante centimètres, est placée une traverse en bois sur laquelle sont plantées horizontalement des chevilles, plus ou moins espacées, suivant le nombre de spirales que l'on veut faire faire aux pièces dans leur passage autour du cylindre laveur. Des leviers avec poids, ou des vis de pression sont adaptés aux deux axes du cylindre supérieur, pour mieux exprimer le tissu. Pour se servir du clapot, on soulève le cylindre supérieur, on fait passer une sangle sous le rouleau supérieur puis on la fait passer sous la tournette, on la place ensuite dans la 2e cheville, la fait passer derechef sous le cylindre et ainsi de suite jusqu'à ce que le clapot soit tout à fait garni. A cette sangle on fixe l'extrémité de la pièce à laver et comme les pièces doivent être bout à bout, elles seront nécessairement entraînées par la sangle aussitôt que la machine aura été mise en action. La pièce en entrant passe alternativement sous la tournette, sort après son passage entre les cylindres. Quand l'espace le permet, on place 3 ou 4 clapots l'un der-

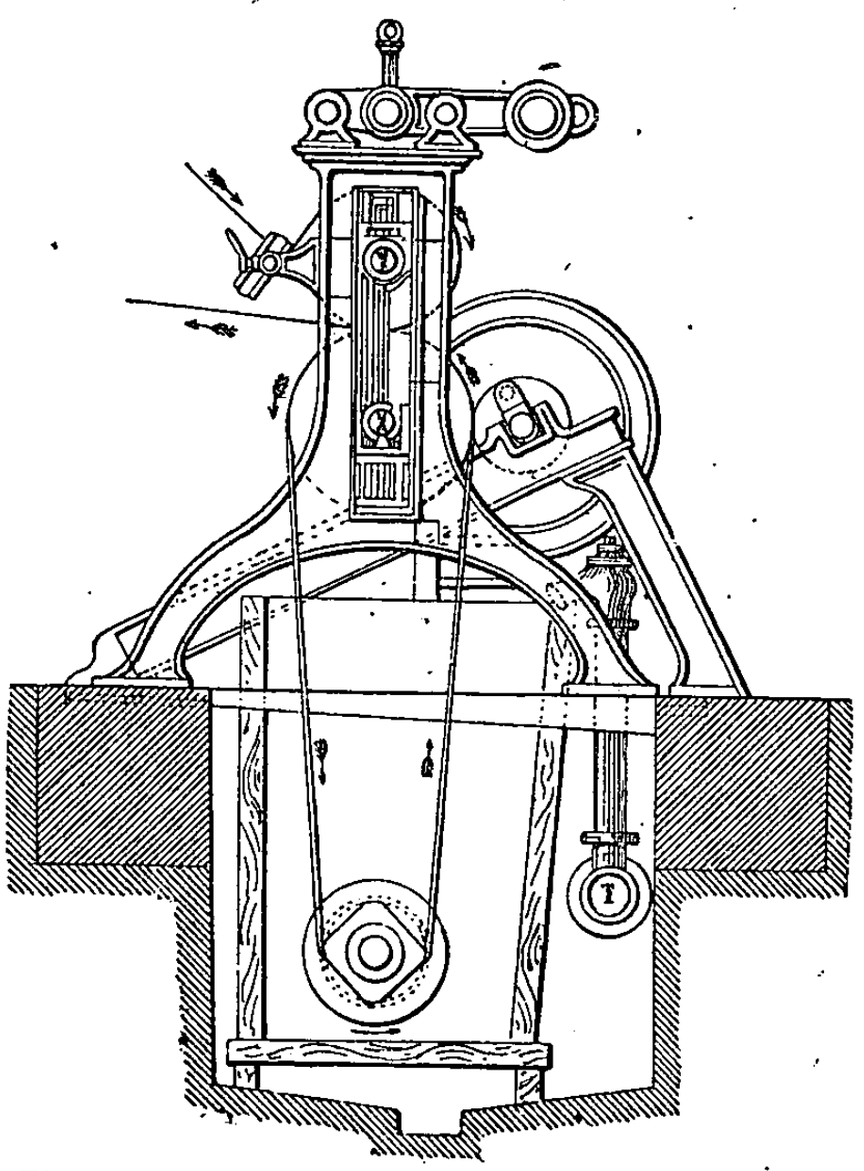


Fig. 314. — *Clapot simple agencé pour deux pièces, profil.*

rière l'autre, de sorte que la pièce passe à la continue et en une seule fois dans les 4 machines. On donne à cette installation le nom de *batterie*.

Dans le lavage des laines, on accouple deux clapots en ayant soin de laisser un certain intervalle de quelques mètres dans lequel on établit un réservoir communiquant avec les réservoirs des deux clapots. Dans le passage de l'une à l'autre machine, la pièce reste sous l'eau et se lave plus facilement. On a soin de faire entrer l'eau propre à la sortie de la pièce du 2e clapot, et l'entrée de la pièce à laver à la sortie de l'eau du 1er clapot; on a donné à ce système le nom de *rivière anglaise*. Il a été appliqué pour la première fois, il y a environ 30 ans par M. Blanche, et sert encore aujourd'hui dans la plupart des teintures de laine en pièces.

Quand les clapots sont d'une très grande longueur, on fait passer deux pièces à la fois. Le boyau entre alors d'un côté (fig. 315) pour sortir en B. B'. Ce clapot est représenté de profil avec son moteur (fig. 314). A l'entrée et à la sortie, on

adapte généralement des lunettes en porcelaine ou en verre pour empêcher l'éraillement du tissu (fig. 314).

On a introduit de nombreuses modifications dans ce genre de machine. Anciennement on se servait du *clapot à battoirs*. Cet appareil était un clapot ordinaire au-dessus duquel se trouvait un bâti en bois servant de point fixe à des battes mobiles dont l'une des extrémités en forme de marteau cintré, coïncidait avec la surface cylindrique de l'arbre, tandis que l'autre aboutissait au-dessous d'un autre arbre muni de cames qui pressaient sur les battes, et soulevaient momentanément le marteau cintré pour le laisser retomber par son propre poids sur les pièces en boyau qui circulaient lentement sur le grand cylindre. Ces cames étaient à une distance telle, les unes des autres, que le marteau se relevait aussitôt qu'il était tombé.

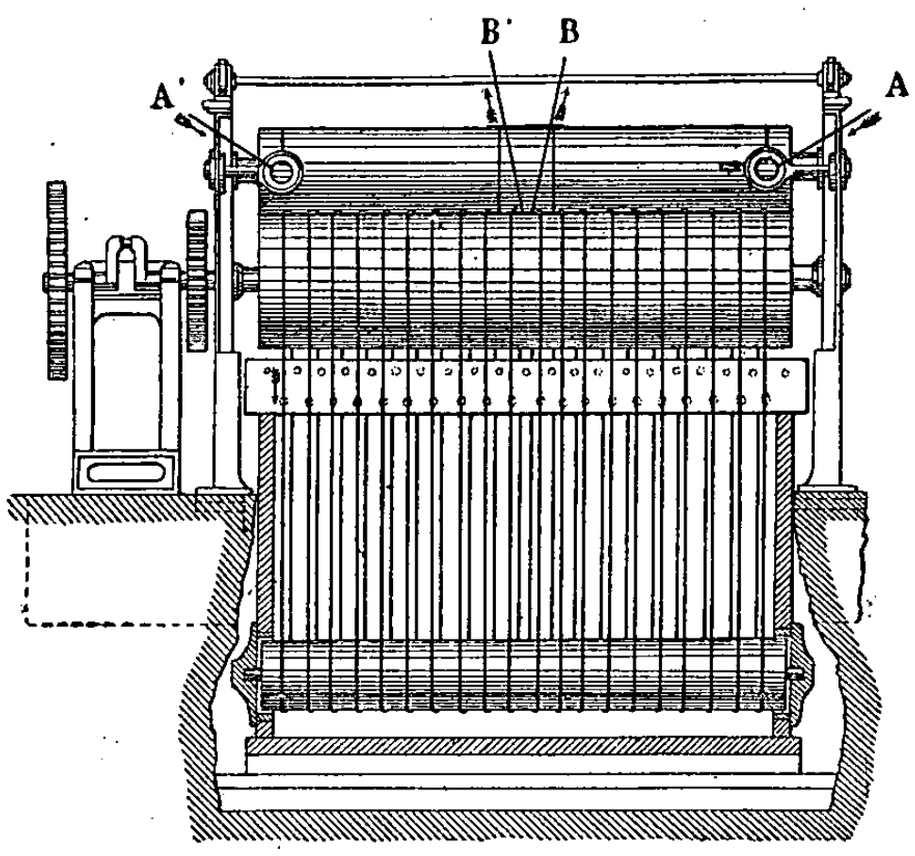


Fig. 315. — *Clapot pour deux pièces. Face.*

Le *clapot à lanières* est le clapot ordinaire auquel on a adapté l'agencement suivant :

Un peu en avant du cylindre, 4 tringles sont fixées autour d'un axe ; elles supportent des lanières en gutta-percha ou en cuir qui frappent sur les pièces au moment de leur passage sur le rouleau. Elles tournent avec une vitesse de 600 tours à la minute au moyen d'un mouvement communiqué par deux pignons placés, le premier sur l'axe du cylindre, le second sur l'axe qui porte les lanières. Cette machine ménage plus que les clapots ordinaires, elle produit environ 125 mètres par minute quand les rouleaux ont 0,50 de diamètre avec une vitesse de 80 tours. La force employée est à peu près d'un cheval.

Une sorte de clapot très usité aujourd'hui est le clapot *sans tension* (fig. 316) Il diffère des clapots précédents en ce qu'il n'a pas de vis de pression. Le seul poids du cylindre supérieur suffit. Les chevilles au lieu d'être sous l'appareil sont derrière, elles ne guident pas la pièce à l'entrée, mais à la sortie et lui enlèvent, par conséquent, beaucoup moins d'eau. Les plis, ayant moins de tension, puisqu'ils sont amenés par la tournette T, sont plus chargés d'eau et subissent mieux la dépression du clapot. Immédiatement au-dessous du gros cylindre se trouve un bassin en bois. A qui recueille les eaux chargées d'impuretés. Il est disposé de façon à ce que l'eau s'écoule continuellement sans revenir dans le réservoir P. Dans le fond de celui-ci, se trouve placée une barre en bois N destinée à guider les pièces et à les forcer à plonger dans l'eau. Certains constructeurs, au lieu de mettre deux tournettes T T', de même grandeur et à une certaine hauteur au-dessus du niveau de l'eau, mettent la tournette d'entrée un peu plus bas, puis immédiatement après elle, les chevilles, mais ces dernières sont mobiles. La pièce qui supporte les chevilles est garnie en dessous d'une bande métallique qui facilite son glissement sur des galets, elle a un mouvement de va et vient qui lui est communiqué par un système de vis sans fin placé sur l'arbre du grand cylindre.

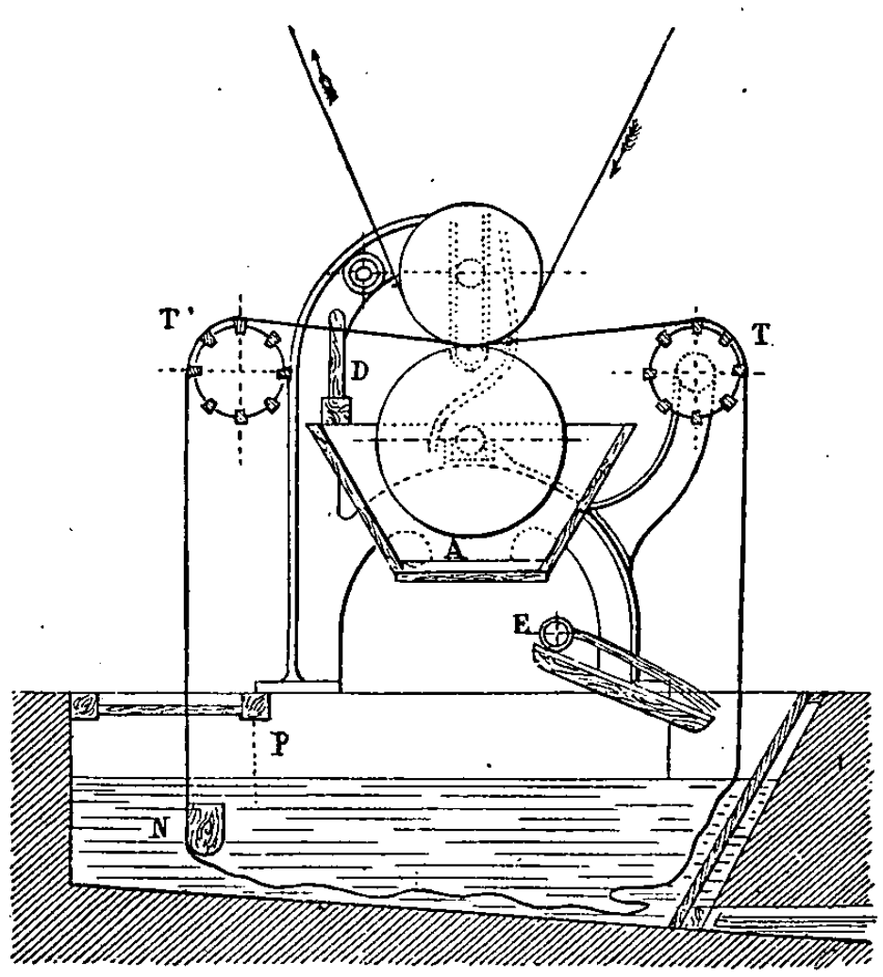


Fig. 316. — *Clapot sans tension.*

Ces divers clapots fonctionnent parfaitement sans être établis sur des cours d'eau, comme cela est nécessaire pour le clapot simple. Un tube de 12 à 15 centimètres de diamètre figuré en E (fig. 316) amène l'eau dans le réservoir *à la sortie de la pièce* de façon à ce que plus celle-ci avance, plus elle est en contact avec de l'eau propre.

Le *clapot traquet*, représenté de profil (fig. 317),

a un triple effet. Tandis que, dans les appareils précédents, il n'y a en jeu que la dépression du tissu entre les rouleaux et l'effet soit des lanières ou des battoirs, nous avons encore ici l'action du traquet qui bat la pièce au sortir de l'eau, puis l'action du tissu qui vient de lui-même butter contre la planche, placée entre le traquet et le clapot. La planche est fixe et c'est la pièce, par le mouvement alternatif du traquet, qui vient d'elle-même se battre sur la planche. Cet appareil se compose d'abord de deux cylindres *c c'*; sur le cylindre inférieur est fixé la poulie motrice. A ce même rouleau est adapté une roue d'engrenage R, faisant mouvoir R', par suite R'', qui fait tourner le traquet D. C a un diamètre de $0^m,50$ et fait 100 tours à la minute. Le traquet a 1 mètre de côté et donne quatre coups par révolution. Il fait 40 tours par minute et donne, par

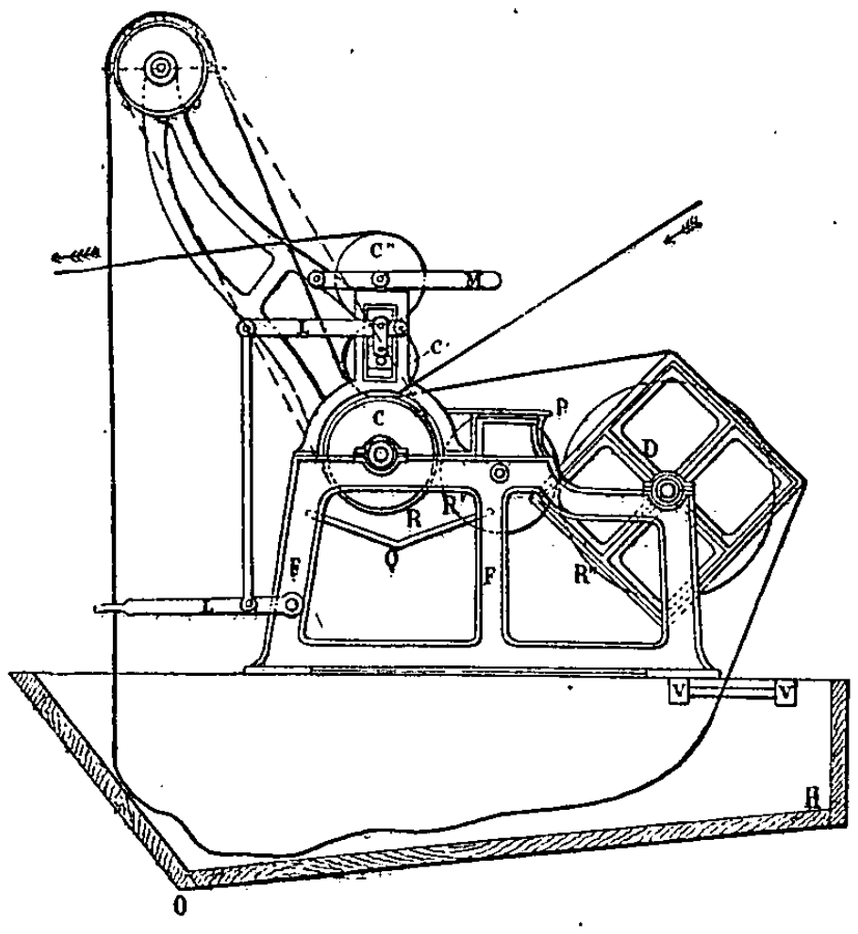


Fig. 317. — *Clapot traquet.*

conséquent, 160 coups sur une bande; comme il y en a 24 il donne 3840 coups par minute. La pièce passant directement du traquet D sur la planche P reçoit encore un nombre égal de coups, de sorte qu'en une minute, cet appareil donne 7680 coups avec 24 plis; mais comme la pièce ne touche pas en tous les endroits et qu'en somme il faut quarante secondes pour laver 100 mètres, ces 100 mètres qui ne frappent que sur le premier côté du traquet, puis sur la planche, ne reçoivent pas à la même place tous les coups. Un mètre d'une pièce reçoit d'abord 2 coups dans la première seconde, puis comme il y a 10 mètres de développement, il reste pendant quatre secondes sans être battu, il revient une seconde fois, reçoit à nouveau 2 coups, etc., de sorte que chaque mètre d'une pièce de 100 mètres peut être considéré comme ayant été battu pendant le quart du temps employé, soit dix secondes, chaque seconde donnant 2 coups, chaque mètre reçoit (dans les quarante secondes que dure le passage d'une pièce) $2 \times 24 = 48$ coups. Les trois roues d'engrenage qui servent à faire mouvoir le traquet ont: R $0^m,52$ de diamètre, R' $0^m,64$ R'' $1^m,10$.

Le réservoir est incliné de H en O, de façon que la pièce, en tombant dans le réservoir, aille de suite à sa plus grande profondeur. Cette machine fait 100 tours à la minute, son développement est de 11,000 mètres par heure; mais, inutile d'ajouter que, dans la pratique, ces données ne se réalisent pas, car outre la friction, occasionnée par les divers organes de la machine, il faut encore ajouter le poids des tissus qui a une grande influence. Les praticiens estiment sa production à environ 9,000 mètres par heure. De temps à autre, il faut tendre les plis, car, suivant la qualité du tissu, il y a avance ou retard. Ces divers genres de clapots produisent environ 150 à 180 mètres par minute. Ils sont desservis par un seul ouvrier. Les quantités d'eau, nécessaires à un bon lavage, sont approximativement les suivantes :

	Par 10 heures	Pour 1 p. de 100 mèt.
Clapot	300 mèt. cub.	300 litres.
— sans tension.	240 —	215 —
— traquet . . .	120 —	120 —

La force que nécessitent ces diverses machines varie de 1 à 4 chevaux. — J. D.

***CLAPOTEUSE.** — V. TRAQUET.

CLAQUE. Chapeau d'homme qui s'aplatit et se relève à volonté, au moyen d'un ressort. (V. CHAPELLERIE, § *Chapeau mécanique.*) ‖ Nom de certains chapeaux d'uniformes, façonnés de manière à former deux cornes allongées et plus ou moins relevées.

***CLAQUEBOIS.** *Instr. de mus.* Sorte d'harmonica en bois, composé de dix-sept bâtons qui vont en diminuant de longueur, et qui ont chacun un degré diatonique. On frappe sur le bois dur et sonore avec des baguettes ou un marteau.

***CLAQUETTE.** *T. techn.* Outre l'instrument, formé de lames de bois, que l'on fait claquer l'une contre l'autre, on donne ce nom à une petite lame de bois, placée derrière la poignée du battant d'un métier à tisser et qui joue le rôle de ressort.

CLARIFICATION. *T. techn.* Opération que l'on fait subir à un grand nombre de liquides, principalement à ceux d'origine organique (eaux, boissons, vinaigres, sirops, sucs végétaux, etc.), pour faciliter l'élimination des substances insolubles qui les souillent accidentellement ou naturellement. Elle consiste, soit à modifier la nature des substances que leur légèreté ou leur ténuité empêche de se séparer complètement par le repos ou la filtration, soit à modifier la composition du liquide lui-même lorsqu'il est visqueux, de manière à lui donner ce que l'on est convenu d'appeler des *propriétés filtrantes.*

Les procédés et les réactifs employés varient suivant la nature des matières à traiter, et on a recours à des agents très divers; mais d'une manière générale, on peut dire que le résultat final à atteindre est toujours l'obtention d'un précipité insoluble (qui prend le nom de *dépôt*, d'*écume*,

etc.) contenant toutes les matières insolubles, et facilement séparable du liquide éclairci, par une décantation, un soutirage ou une filtration ordinaire.

Clarification par ébullition. La chaleur suffit souvent pour amener l'éclaircissement de certains liquides; une ébullition plus ou moins prolongée modifie les propriétés physiques du précipité existant, sa densité, son degré d'hydratation, son mode d'agrégation, et il se produit un dépôt rapide et complet. C'est, du reste, un fait bien connu et mis souvent à profit dans les laboratoires et dans l'industrie que la plupart des précipités minéraux ne se séparent complètement qu'à la suite d'une ébullition.

Les eaux naturelles louchies par du sulfate ou du carbonate de chaux, certains corps gras, les sirops simples, les sucs végétaux récemment préparés, laissent, après avoir été portés à l'ébullition, déposer les matières qui les troublent, tandis qu'il eût fallu un repos souvent très long pour obtenir le même résultat. Il existe un grand nombre de procédés chimiques pour rendre les eaux naturelles propres aux usages industriels ou domestiques en modifiant la nature des sels dissous. Ces procédés seront décrits sous leurs titres respectifs: — V. Eaux, § *Epuration*.

Clarification par englobement. Le nombre des cas dans lesquels le traitement par la chaleur seule peut être appliqué, est évidemment fort restreint. On ne pourrait agir ainsi avec les boissons, vins, bières, cidres, vinaigres, etc., sous peine de voir les principes volatils disparaître, la saveur et toutes les propriétés fondamentales se modifier profondément. On a donc été amené naturellement à employer pour clarifier les liquides alimentaires, certains réactifs capables de se coaguler au contact des corps existants dans les liquides traités (alcool, acides, tannin), et susceptibles d'entraîner ou d'englober dans leurs pores, comme dans les mailles d'un filet, les matières qu'il s'agissait d'éliminer. Les agents les plus généralement employés pour produire cet englobement sont, d'une part, l'albumine provenant du sang ou des œufs, le sang lui-même, frais ou desséché, ou le blanc d'œuf; et d'autre part, les diverses sortes de gélatines ou de colles (gélatine blanche, colle de peau, colle de poisson). La clarification des boissons par l'une ou l'autre de ces substances prend le nom de *collage* (V. ce mot). Les recettes particulières usitées pour clarifier les vins, cidres, eaux-de-vie, liqueurs, vinaigres, etc., étant données à ces différents mots, nous n'avons pas à les rappeler ici; mais nous devons dire quelques mots des phénomènes d'*entraînement* de matières solubles qui se produisent toujours en même temps que la clarification par englobement, avant de passer en revue les industries qui pratiquent la clarification justement en vue de mettre à profit ces réactions secondaires.

Réactions qui accompagnent la clarification par englobement. *Epuration*. 1° *Entraînement des sels solubles*. Lorsque pour clarifier un liquide on a recours à l'englobement des matières insolubles dans un précipité nouveau, il se produit toujours, en même temps que la clarification mécanique, des phénomènes d'entraînement. C'est, en effet, un fait d'expérience que lorsqu'un précipité *organique* ou *minéral* se forme au sein d'un liquide complexe contenant des sels organiques, des matières colorantes, ce précipité à l'état naissant entraîne toujours avec lui une certaine proportion des substances primitivement à l'état de dissolution. C'est ainsi que le collage des vins, des vinaigres, produit un dépôt toujours coloré aux dépens de la matière même de la boisson; il y a, en outre, entraînement de matières solubles; le titre alcoométrique ou acidimétrique baisse et la richesse en extrait sec diminue; favorable à certains vins très riches et trop chargés en couleur, cette opération répétée plusieurs fois appauvrit sensiblement les crus légers.

2° *Proportion de l'entraînement*. Les relations pondérales qui régissent les phénomènes d'entraînement sont peu connues; l'absorption ou l'insolubilisation des matières organiques ou colorantes paraît varier avec leur abondance dans le liquide traité, et aussi avec la quantité de précipité minéral ou organique produit, mais sans proportionnalité rigoureuse. A défaut de réaction chimique définie, on aurait pu déterminer expérimentalement les quantités de matières organiques ou colorantes que peuvent entraîner chacun des réactifs employés pour clarifier, dans les différentes conditions de concentration. Il n'existe aucun travail complet sur ce sujet : nous pouvons cependant formuler quelques règles générales qui s'appliquent d'une part aux impuretés végétales des jus sucrés, et d'autre part aux divers réactifs employés pour clarifier : albumine, gélatine ou sels alcalino-terreux :

1° Un poids donné de réactif coagulé ou précipité entraîne d'autant plus de matières organiques ou colorantes que ces substances sont plus abondantes dans le liquide;

2° La proportion maximum d'impuretés organiques que peut entraîner un poids donné de précipité, varie avec la nature des substances mises en présence, mais elle est en général inférieure à 50 0/0 du poids du précipité;

3° Le précipité total obtenu est d'autant plus chargé en principes entraînés, que la quantité de réactif employée est plus inférieure à celle qui serait nécessaire pour produire l'épuration maximum de liquide;

4° Des quantités régulièrement croissantes de réactif ajoutées à des quantités égales de liquide impur produisent des épurations croissantes, mais ces épurations ne sont pas proportionnelles aux poids de réactif employés. Les différences entre les poids de matière entraînés par deux opérations successives, forment une progression rapidement décroissante qui tend vers zéro. A ce moment, quelle que soit la proportion de réactif ajouté, l'épuration n'augmente plus d'une façon sensible.

Clarification par englobement et par entraînement (*confiserie, liqueurs, raffinage*). Si les phénomènes dont nous venons de parler

sont souvent nuisibles aux liquides alimentaires, et si les praticiens doivent s'appliquer à en réduire l'effet au minimum, il n'en est pas de même dans les industries qui mettent en œuvre les sucres bruts plus ou moins impurs (confiserie, fabrication des liqueurs, raffinerie). En effet, outre les débris de toutes sortes, poils de sacs, sable, poussières de carbonate de chaux, de noir animal, etc., les sirops provenant de sucres bruts d'origines très diverses, renferment souvent en dissolution des produits d'altération ou de fermentation; les spécialistes disent alors que le sucre est *gras*, *collant*, *visqueux*, *glaireux*, etc. Ces différents états, quelle qu'en soit la cause, sont tous caractérisés par la difficulté ou la lenteur de la filtration. Les corps nuisibles dont nous venons de parler sont naturellement en proportion d'autant plus considérable que les sucres traités sont plus avariés. C'est pour éliminer en partie ces substances, tout en produisant l'éclaircissement mécanique que, par analogie avec ce qui se faisait pour les boissons, les industriels ont été amenés à pratiquer une clarification par l'albumine ou le sang.

1° *Clarification des confiseurs et liquoristes*. Certains confiseurs et liquoristes emploient, outre le sucre raffiné, des sucres blancs en grains, dits *poudres blanches*, des *vergeoises* de raffineries, des sucres de cannes blonds ou roux, lorsque la nuance et l'odeur caractéristiques de ces produits sont sans inconvénient pour les préparations.

Pour les sucres blancs en grains, on se contente de filtrer le sirop, ou bien, après l'avoir porté à l'ébullition, on lui fait subir une filtration ou clarification au papier; on délaye du papier non collé (papier à filtre) dans l'eau, on le broye au mortier, on l'égoutte, on mêle la pâte au sirop et on verse le tout dans la chausse à filtrer (chausse d'Hippocrate). Le papier s'emploie à la dose de 20 grammes environ par litre de capacité de la chausse.

Les sucres bruts colorés, les vergeoises, sont clarifiés au blanc d'œuf et au noir animal en farine. La formule suivante, dont les proportions peuvent être modifiées suivant la pureté du sucre, donne les quantités moyennes généralement adoptées :

5 kilogrammes noir animal,
10 blancs d'œufs,
100 kilogrammes sucre brut,
50 litres d'eau.

On bat les blancs d'œufs avec 16 litres d'eau. Le sucre est dissous à feu nu ou à la bassine à double fond et à vapeur, avec les 2/3 de l'eau et la moitié de la solution albumineuse; on chauffe doucement en agitant. Après dissolution complète on ajoute le noir et on agite toujours. Lorsque l'écume commence à monter, on verse le reste de l'eau et de l'albumine, on éteint le feu et on enlève l'écume; on donne ensuite trois ou quatre bouillons en écumant toujours, puis on filtre à la chausse. Certains fabricants ajoutent encore, après avoir enlevé les écumes, 50 centimètres cubes d'acide acétique étendu de son volume d'eau et font bouillir quelques instants. Cette pratique qui a pour résultat une inversion partielle du sucre, c'est-à-dire sa transformation en glucoses difficilement cristallisables, permet de conserver des sirops sursaturés sans voir l'excès de sucre dissous se déposer par refroidissement.

2° *Clarification en raffinerie*. En raffinerie, l'albumine est empruntée au sang, et, pour augmenter à la fois la cohésion du précipité et l'épuration chimique du sirop, l'addition de noir animal en farine a été jugée nécessaire comme en confiserie. Nous n'avons pas à insister ici sur le mode opératoire suivi, ni sur les divers appareils employés, car ils sont décrits à l'article RAFFINERIE (V. ce mot).

Mais nous devons dire quelques mots des avantages et des inconvénients que comporte la clarification au sang; nous examinerons ensuite les moyens qui ont été proposés ou qui sont déjà employés dans certaines usines pour la remplacer.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA CLARIFICATION PAR LE SANG ET LE NOIR. 1° *Au point de vue de la filtration*. La séparation des matières inertes que contient la *fonte* n'est pour le raffineur qu'un résultat accessoire de l'opération de la clarification : en effet, on fait souvent subir une deuxième clarification à des sirops d'égout, à des sirops de deuxième jet, qui ne contiennent évidemment aucune substance insoluble. Cette épuration mécanique de la fonte pourrait s'obtenir par une simple filtration toutes les fois que les sucres traités sont normaux, c'est-à-dire non altérés. On peut donc se demander si en réalité une fraction importante des sucres livrés au raffinage nécessite un pareil traitement. Grâce au mode de travail alcalin qui est aujourd'hui adopté dans toutes les fabriques de sucre d'Europe, et qui le sera bientôt dans toutes celles des colonies, le nombre des sucres visqueux par suite d'altération est de plus en plus restreint. D'expériences qui ont été faites en vue de vérifier l'opportunité de la clarification, il résulte que, en moyenne, sur 1,000 échantillons de toutes provenances, et ayant séjourné de un à huit mois en magasin, 3 à 4 seulement ont présenté cette particularité d'une façon bien caractérisée. On voit qu'il est peu économique de faire subir à tous les sucres bruts un traitement que quelques-uns seulement réclament. Ces mêmes expériences établissent que lorsqu'une clarification a été jugée nécessaire pour faciliter la filtration, un certain nombre de sucres ont été réfractaires à ce traitement, 1/4 environ de la totalité, et qu'un plus grand nombre, tout en s'améliorant, n'ont pu acquérir la limpidité ou la fluidité des sucres normaux. On peut donc conclure que dans la plupart des cas la clarification est superflue, et que, lorsqu'elle paraît nécessaire, elle est souvent insuffisante.

2° *Au point de vue de la décoloration et de l'épuration*. Nous avons vu que, outre l'épuration mécanique et l'amélioration de la filtration, le raffineur désire obtenir une diminution de la somme des matières colorantes ou salines qui sont mélassigènes, c'est-à-dire capables de retenir à l'état incristallisable dans les mélasses une proportion de sucre égale à plusieurs fois leur poids. En ce

qui concerne cette épuration chimique, l'expérience montre que des réactifs minéraux, tels que l'alumine, le phosphate d'alumine, le carbonate de chaux, le phosphate de chaux, etc., peuvent, en se précipitant, produire un entraînement égal ou supérieur à celui que produit l'albumine. Mais à cette absence d'avantages, viennent s'ajouter des inconvénients qui seuls suffiraient à faire rejeter la clarification telle qu'elle se pratique aujourd'hui ; c'est, d'une part, la dissolution dans le sirop des parties salines et non coagulables du sang, et, d'autre part, la dissolution partielle de l'albumine sous l'influence combinée de la chaleur et des alcalis du sucre.

Autrefois dans les raffineries, après avoir ajouté le sang ou l'albumine et avoir bien mélangé, on cessait l'agitation, on élevait progressivement la température jusqu'à celle de coagulation de l'albumine, mais pas plus. L'albumine en se coagulant montait à la surface, entraînant avec elle les corps inertes, et cette écume était enlevée à l'aide d'une écumoire (*écumette*), avant que le sirop fût porté à l'ébullition. Aujourd'hui, dans les nouvelles installations, plusieurs chaudières de fonte additionnée de sang à la température de 50° environ, sont envoyées à l'appareil à clarifier dans le vide, qui ne diffère de l'appareil à cuire que par de plus grandes dimensions. Là, on ajoute le noir et on amène brusquement la température à 90° ou 95° ; sous l'influence d'un vide partiel, une violente ébullition se produit et on la maintient pendant quelques minutes avant d'envoyer le tout aux filtres Taylor.

Dans ces conditions, le noir et l'albumine coagulée se mélangent intimement au sirop, on ne produit plus d'écume au sens primitif du mot ; l'albumine au contact du liquide alcalin bouillant s'altère profondément et se dissout en partie en souillant le sirop. En somme, la faible décoloration produite est due uniquement au noir animal, car, en l'absence de ce dernier, la clarification se traduirait par une augmentation de coloration.

NOUVEAUX PROCÉDÉS DE CLARIFICATION EN RAFFINERIE. Depuis fort longtemps déja, les chimistes et les industriels se sont préoccupés des moyens de remplacer la clarification au sang par d'autres procédés. Dès 1867, M. *Cornil Wœstyn*, raffineur russe, obtenait la grande médaille d'or à l'Exposition pour ses produits obtenus sans albumine ni noir ; des additions de chaux suivies de carbonatations avaient suffi à l'épuration complète des sucres bruts. Après 1870, deux grandes raffineries parisiennes (celles de MM. Jeanti-Prévost et Sommier), abandonnent la clarification pour employer le procédé de MM. Boivin-Loiseau au sucrate d'hydro-carbonate de chaux. La nature chimique de ce corps comme composé défini a été contestée, aussi ne le citons-nous que comme rendant inutile la clarification ordinaire.

En 1872, M. P. Lagrange faisait appliquer chez M. Guillon, puis chez MM. Lebaudy frères un mode de clarification basé sur l'emploi de la baryte et du phosphate tribasique d'ammoniaque. La baryte ajoutée à la fonte, en proportion déterminée par un essai préalable, s'unissait à l'acide sulfurique des sulfates et aux petites quantités d'acide phosphorique, en formant du sulfate et du phosphate de baryte insolubles, et mettait en liberté de la potasse et de la soude. On ajoutait ensuite le phosphate d'ammoniaque qui précipitait la chaux, mais en y substituant de l'ammoniaque.

Chacun de ces précipités minéraux entraînait ou englobait une certaine proportion de sels organiques variant de 25 à 50 0/0 du précipité formé. En laissant de côté les questions relatives à l'augmentation de rendement et à l'amélioration des sirops, annoncées par l'inventeur, et dont la discussion est délicate, le fait capital et le seul incontestable était une clarification satisfaisante.

Vers la même époque, M. Lelong-Burnet faisait expérimenter l'aluminate de baryte (dissolution d'alumine gélatineuse dans l'eau de baryte). La baryte s'unissait à l'acide sulfurique, comme dans le procédé Lagrange, et l'alumine remise en liberté décolorait. Mais la faible proportion d'alumine que pouvait retenir la quantité de baryte nécessaire à la décomposition des sulfates a été un obstacle à l'emploi de ce procédé. Enfin, nous devons rappeler que l'on a signalé depuis longtemps les propriétés absorbantes du phosphate tribasique de chaux, qui prend naissance quand on ajoute du phosphate acide de chaux à des sirops additionnés de chaux.

En résumé, s'il est encore impossible de déterminer aujourd'hui à quel réactif s'arrêtera définitivement la raffinerie, on peut affirmer que la pratique de la clarification à l'albumine, après avoir tenu une si grande place dans cette industrie et après avoir résisté si longtemps à des critiques méritées, est condamnée, soit à disparaître complètement, soit à être remplacée par l'épuration due à la précipitation des sels minéraux. — P. G.

* **CLARINÉ, ÉE.** *Art hérald.* Se dit des animaux, représentés par des clarines ou clochettes suspendues au cou et d'un émail particulier.

CLARINETTE. Cet instrument à vent fait partie de la classe des instruments à anche. L'embouchure est formée d'une languette en roseau, qui s'ajuste sur un bec en bois, buis, ébène ou ivoire. En soufflant à l'intérieur de l'étroite ouverture qui sépare la languette et le bec, on détermine les vibrations de cette languette et, par suite, celles de la colonne d'air, contenue dans le tuyau de bois, sur lequel s'enclave l'embouchure ; ce tuyau est terminé par un pavillon peu ouvert. Le tube porte une série de trous qu'on bouche avec les doigts ;

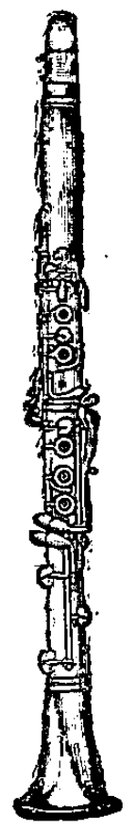


Fig. 318. — *Clarinette.*

des clefs permettent d'ouvrir d'autres trous et d'obtenir ainsi toutes les notes de la gamme.

— La clarinette fut inventée vers la fin du XVII[e] siècle par Christophe Deuner, de Nuremberg, mais elle est restée longtemps imparfaite. C'est à Lefèvre et Michel qu'on doit les perfectionnements les plus notables qui ont permis à cet instrument de prendre une place importante dans les orchestres, et de tenir parmi les instruments à vent une place analogue à celle que tient le violon parmi les instruments à corde. Au nombre de ces perfectionnements, on ne saurait oublier de mentionner les rouleaux imaginés par Janssen. Ce sont de petites pièces cylindriques mobiles sur leur axe et garnissant quelques clefs. Il devenait alors facile d'attaquer successivement les nombreuses clefs, en coulant le petit doigt sur ces pièces; or, la multiplicité des clefs, en enrichissant considérablement les effets de la clarinette, avait aussi augmenté la difficulté de son emploi, et s'opposait à l'extension qu'elle a prise depuis.

* **CLASSEMENT**. *T. de chem. de fer.* On désigne, dans l'exploitation des chemins de fer, sous le nom de voies de classement, les voies qui servent à composer les trains, et sous le nom de *classement*, l'opération qui consiste à mettre les vagons dans un ordre déterminé, afin d'éviter de longues manœuvres en cours de route.

Le classement est l'opération complémentaire du *triage* (V. ce mot). Lorsque les vagons sont triés, c'est-à-dire que l'on a réuni, sur une même voie, tous ceux qui doivent former un train pour une certaine direction, il reste à les classer par ordre de destination. On place généralement au premier rang, derrière la machine, les vagons qui sont à destination de la première gare, dans le sens de la marche du train, et ainsi de suite pour les gares suivantes, de manière que, pour déposer les vagons dans chaque gare, le train n'ait pas à manœuvrer tous ceux qui sont destinés aux gares suivantes. On voit que l'opération de classement consiste à établir, dans le groupe de véhicules qui doit former le train, précisément l'ordre de succession des gares que ce train doit franchir. Il faut, pour cela, déplacer tous les vagons qui sont pêle-mêle; ces mouvements peuvent se faire, soit à l'aide d'un chariot transbordeur à vapeur (V. TRANSBORDEUR), soit à l'aide d'une machine de manœuvres, en faisant, dans le groupe de vagons, toutes les coupures nécessaires, pour *recoudre*, en quelque sorte, les morceaux dans l'ordre voulu.

L'atelier de classement est ordinairement composé d'un faisceau de longues voies parallèles, reliées par des aiguilles à leurs deux extrémités, communiquant facilement avec l'atelier de triage qui alimente l'atelier de classement, et commandées par une longue voie en impasse, dite *voie de manœuvres*, sur laquelle la machine avance et recule pendant tout le temps que dure l'opération. En outre, si l'on fait usage d'un chariot, le faisceau est divisé en trois parties par deux traversées rectangulaires formées de rails du chemin de roulement des chariots transbordeurs.

On a tout avantage à employer un chariot, si les coupes à destination de chaque localité sont formées d'un petit nombre de vagons; puisque le chariot ne peut transborder qu'un seul vagon à la fois et qu'il *émiette*, pour ainsi dire, la manœuvre. La machine est, au contraire, plus commode et plus économique si l'on doit enlever, d'un seul coup, des rames de véhicules qui se trouvent d'avance bien juxtaposés pour une même destination. C'est donc une question d'espèce.

* **CLASSEUR**. *T. techn.* Appareil dont on se sert dans les mines pour diviser le minerai broyé et le classer suivant la grosseur du grain.

* **CLAUSOIR**. *T. d'arch.* Dernière pierre d'une voûte ou d'une assise, et qui ne se finit que lorsque toutes les autres sont placées, afin de lui donner les dimensions exactes.

* **CLAUSTHALITE**. *T. de minér.* Séléniure de plomb naturel d'un gris clair et présentant quelquefois une nuance bleuâtre ou rougeâtre. La clausthalite a un éclat métallique et sa structure est grenue ou lamelleuse. Densité, 8,8; dureté, 2,5 à 3. Elle renferme en poids 72,7 de plomb et 27,3 de sélénium; on y trouve parfois de l'argent au lieu de plomb, ou encore des petites quantités de cuivre ou de cobalt. Cette substance existe dans le Harz et en Saxe.

* **CLAUSTRE**. *T. d'arch.* Demi-cylindre creux en poterie, que l'on dispose de manière à former une balustrade à jour; on écrit aussi *clostre*.

* **CLAVAIN**. *T. de cost. milit.* Sorte de pélerine rembourrée qui couvrait le cou jusqu'aux clavicules, et que, sous différentes formes, les hommes d'armes ont portée jusqu'à la fin du XV[e] siècle.

CLAVEAU. *T. de constr.* Pierre taillée en forme de coin pour servir à la construction, soit de l'architrave placée au-dessus d'un entrecolonnement, soit de la fermeture d'une baie quelconque, sous la désignation d'arc ou de plate-bande. Les voûtes appareillées sont également composées de pierres cunéiformes que l'on nomme plus particulièrement *voussoirs*. Un claveau présente six faces: l'*intrados* et l'*extrados*, faces de dessous et de dessus; deux *lits* ou joints de côté, qui touchent aux claveaux voisins; deux *têtes* ou faces verticales, l'une de ces dernières au moins restant apparente dans la fermeture des baies. Il est d'usage de placer les claveaux en nombre impair, celui du milieu étant la *clef;* les deux claveaux voisins, les *contre-clefs* et les claveaux extrêmes, les sommiers. Dans une plate-bande les joints des claveaux sont tous dirigés vers un même point; dans un arc ils sont normaux à la courbe du cintre. On appelle *claveaux simples* ceux dont les joints offrent une surface plane; claveaux *à crossettes* ceux dont les joints ont une surface brisée et qui forment liaison avec les assises.

CLAVECIN. Instrument de musique à cordes métalliques et à touches, aujourd'hui remplacé par le *piano*.

— Le clavecin, nommé par les Italiens *cembalo* ou *clavicembalo*, par les Anglais *harpsicord* et par les Allemands *flügel*, à cause de sa ressemblance avec une aile, n'était qu'une épinette agrandie, et sa forme est exactement celle de nos pianos à queue. Mais il différait du piano moderne en beaucoup de points.

Il serait fort difficile d'établir exactement quand et dans quel pays fut inventé et fabriqué le premier clave-

cin. Quoi qu'il en soit, les cordes de cet instrument étaient en métal, et, au lieu d'être frappées par des marteaux, elles étaient mises en vibration au moyen de languettes de bois armées d'un morceau de plume, comme celles de l'épinette, qui dut son nom à ces pointes de plumes, semblables à des épines. Cela explique pourquoi les Italiens placent cet instrument dans la classe *degli stromenti da penna*, « des instruments à plumes. »

Dans le principe, le clavecin eut deux cordes à l'unisson pour chacune de ses quarante-cinq notes, un ou deux claviers, quelquefois trois. Les plaques des touches étaient ordinairement d'os de bœuf pour les touches du genre diatonique et d'ébène pour les touches du genre chromatique.

Le clavecin donna naissance au *clavecin d'amour*, dont les cordes étaient de moitié plus longues que celles du clavecin ordinaire; au *clavecin angélique* dont les cordes, au lieu d'être attaquées par des plumes de corbeau, étaient ébranlées par de petits morceaux de cuir couverts de velours, ce qui donnait au son de la douceur; au *clavecin double*, composé de deux clavecins rapprochés l'un de l'autre et ayant, à chaque extrémité, ou ou deux claviers superposés, de façon que deux personnes pouvaient jouer simultanément.

Hans Ruckers, d'Anvers, un des premiers facteurs qui, vers 1590, fabriquaient des clavecins, perfectionna ces instruments en leur donnant des cordes de cuivre pour les sons graves et de fer pour les sons aigus. On peut voir au château de Pau un clavecin de Ruckers portant cette date; il est en laque de Chine, avec double clavier et cinq genouillères pour changer de ton. Ruckers et ses quatre fils : François, Jean, André et Antoine, envoyèrent une quantité prodigieuse de clavecins en France et en Allemagne.

Les plus célèbres facteurs de clavecins qui succédèrent à ceux-ci furent les Flamands Jean-Daniel Dulken et van den Elsche. Toutefois, en 1772, époque à laquelle Burney, le musicographe anglais, visita Anvers, il trouva les instruments qu'on y fabriquait bien inférieurs à ceux des facteurs anglais.

Haendel avait un clavecin de Ruckers. « Les célèbres facteurs de pianos de Londres, MM. Henri et Walter Broadwood, dit Aristide Farrenc, dans son *Esquisse de l'histoire du piano*, possèdent un instrument fort intéressant de Ruckers et qui mérite d'être décrit. Il porte cette inscription : RUCKERS, *Antverpiae*, MDCLI. » La boîte et le couvercle sont peints en noir et ornés d'or et de couleurs, comme les meubles en laque; la table d'harmonie est aussi très ornée, ce qui doit nuire à la sonorité. Sur un fond vert pâle sont des arabesques, parmi lesquelles on a représenté une demi-douzaine de singes exécutant un morceau d'ensemble. A l'intérieur du couvercle, on lit cette inscription en lettres d'or : *Sic transit gloria mundi*. Cette légende, qu'on trouve souvent sur les clavecins, signifie, sans doute, que la gloire de ce monde s'évanouit comme le son. Sur la partie du couvercle qui se retourne, lorsqu'on ouvre l'instrument, on a placé cette autre inscription : *Musica donum Dei*, « la musique est un don de Dieu. » Les lettres sont également d'or sur fond noir. »

On connaît l'histoire de Salvator Rosa et de son clavecin : un de ses amis le trouva un jour jouant de cet instrument, qui était fort vieux et fort mauvais; il lui demanda comment il se faisait qu'il conservât un instrument qui ne valait pas seulement un écu. « Je gage qu'il en vaudra trois mille avant que vous le revoyiez, » répondit Salvator. Un pari fut engagé, et le peintre napolitain peignit immédiatement sur le couvercle un paysage avec des personnages, qui non seulement fut vendu trois mille écus, mais qui fut encore considéré comme un chef-d'œuvre. Sur un des côtés de l'instrument il peignit également un crâne et des livres de musique. Ces deux peintures ont été exposées à l'Institut britannique, en 1823. On peut voir à Paris, au Musée de Cluny, un petit clavecin à un seul clavier de quatre octaves, plus une note (du *si* à l'*ut*). Dans la collection d'instruments exposés au Conservatoire de musique et qui ont appartenu au compositeur Clapisson, on trouve un clavecin à deux claviers portant la date de 1612, dont l'ensemble est l'œuvre de plusieurs artistes et de plusieurs époques. La forme de l'instrument est du style Louis XIII; le support et les peintures qui l'entourent sont du temps de Louis XIV; sur le devant on admire un panneau peint par Téniers, et l'intérieur est orné de grandes et belles peintures de Paul Brill.

M. Lavignée possède un clavecin à queue de Ruckers, signé et daté de 1655, provenant du château de Perceau, près Cosne. La caisse, peinte en camaïeu bleu, représente Apollon, les Grâces, des amours musiciens, au milieu d'enroulements de style rocaille. Un autre clavecin du même facteur, vendu à la vente de Blondel d'Azincourt, avait été peint par Gravelot, le célèbre dessinateur du XVIII^e^ siècle.

Enfin, M. le comte de Sartiges a exposé, en 1878, au Musée rétrospectif du Trocadéro, un grand clavecin du XVII^e^ siècle, dont le sujet de l'ornementation rappelle la décoration générale de la Piazza-Navone, à Rome. Ce magnifique instrument, attribué au chevalier Bernin, architecte d'Innocent X, est toute une allégorie.

En Italie, au XVI^e^ siècle, la fabrication du clavecin avait atteint déjà un très haut degré de perfection. Dans le récit du banquet donné, en 1522, aux ambassadeurs vénitiens, par le cardinal Cornaro, on lit qu'après le repas « il y eut de la musique de toute espèce; qu'on y entendit des clavecins, lesquels avaient des sons surprenants, des luths à quatre cordes, des harpes, etc. »

Selon Félis, les Italiens n'adoptèrent les perfectionnements qui furent faits au clavecin qu'après un assez long laps de temps. Leurs meilleurs facteurs, au commencement du XVII^e^ siècle, étaient Crotone et Farini. Ce dernier eut l'idée de garnir entièrement ses clavecins en cordes à boyaux au lieu de fils de fer, ce qui leur donnait des sons doux et moelleux. L'exemple de Farini fut bientôt suivi par plusieurs facteurs allemands.

Vers 1620, Rigoli, de Florence, inventa le clavecin vertical; il prit son idée dans l'instrument ancien appelé *clavicymbalum*, qui, plus tard, a été encore imité dans nos pianos droits. C'est alors que François-Etienne Blanchet, établi à Paris, vers 1650, acquit une grande réputation pour l'égalité de ses claviers.

Quelques années après, un organiste de Troyes, nommé Raisin, cherchant les moyens de soutenir sa nombreuse famille, fit faire un clavecin plus grand que les clavecins ordinaires, qui paraissait aller tout seul. Il jouait l'air que Raisin indiquait, et s'arrêtait dès qu'il le lui ordonnait. Tout Paris courut voir cette merveille, et Louis XIV lui-même, curieux de connaître ce prodige dont il avait tant de fois entendu parler, le fit venir à Saint-Germain. La reine assista à ses exercices; mais cette machine étonnante lui causa une surprise mêlée d'effroi. Le roi, pour détruire cette impression, ordonna qu'on l'ouvrit sur le champ, et l'on en vit sortir un jeune enfant, fils de Raisin, qui commençait à se trouver fort mal de la privation d'air et de la longueur du concert. Ayant eu recours aux bontés de Louis XIV, auquel il exposa tout le tort que lui causait la divulgation de son secret, le roi, touché de sa position, lui permit d'établir une troupe d'enfants.

Dans la seconde moitié du XVIII^e^ siècle, un facteur parisien nommé Richard, se fit une réputation brillante en construisant d'excellents clavecins. « Richard, au vieux Louvre, digne émule de Vaucanson, et un des plus habiles artistes de l'Europe pour l'orgue, les serinettes et les vielles organisées, lit-on dans l'*Almanach Dauphin ou Tablettes royales du vrai mérite* (1772), vient de faire exécuter dans cette capitale, avec le plus grand succès,

dans une salle de la bibliothèque du roi, un concert mécanique par quatre figures automates, dont l'une joue du violon, l'autre de la flûte et la troisième touche du clavecin, tandis qu'un petit Amour bat de la mesure et tourne le feuillet. On ne saurait donner assez d'éloges à cet artiste aussi modeste que savant, et dont les productions font tant d'honneur au génie inventif de la nation. »

A la même époque, Godefroid Silbermann, de Freyberg (Saxe), fit d'importantes améliorations aux clavecins et perfectionna surtout les claviers, auxquels il donna une légèreté jusqu'alors inconnue. Pascal Taskin, de Liège, conservateur des instruments du roi de France, imagina, en 1768, de remplacer les plumes et les morceaux de drap par la peau de buffle, qui produisait un son moins sec. On trouve dans l'*Essai sur la musique*, de Laborde, un éloge emphatique de cette innovation. Pascal Taskin se fit aussi connaître par plusieurs changements sérieux dans le mécanisme.

C'est à peu près vers le même temps que s'établit la réputation du facteur anglais Tabel, renommé pour ses clavecins. Il eut trois élèves, Bukhardt, Tschudi et Kirkmann, qui, dans la suite, obtinrent une grande célébrité.

Les plus grands éloges ont été donnés au clavecin. Selon le poète macaronique Antoine d'Arena, « l'orgue est un concert d'instruments à vent, le clavecin est un concert d'instruments à cordes. » Au XVII^e^ siècle, en effet, on trouvait non seulement le clavecin admirable, mais, comme le fait remarquer l'historien Alexis Monteil, on croyait que tel il était alors, tel il serait toujours. Vers la fin du siècle suivant, le comte François d'Hartig alla même jusqu'à publier une pièce de vers intitulée : *Ode à mon clavecin.*

Quoi qu'il en soit, après avoir été longtemps le roi des instruments à touches, le clavecin dut céder la place à son successeur le *piano-forte*, d'abord appelé *clavecin à marteaux (cembalo a martelleti)*, parce que dans cet instrument les marteaux étaient substitués aux sautereaux. — V. Piano.

En effet, le grand défaut du clavecin était d'être dépourvu de moyens de nuancer le son, car il n'en rendait que d'uniformes, et le jeu de cet instrument, malgré tous ses différents registres et d'autres améliorations qu'on y introduisit, resta sec et monotone. Le célèbre claveciniste Eckart donne une preuve de cette infériorité du clavecin par l'indication suivante imprimée en tête de sa première œuvre : « J'ai tâché de rendre cet ouvrage d'une utilité commune au clavecin et au forte-piano. C'est pour cette raison que je me suis cru obligé de marquer les *doux* et les *forts*, ce qui eût été inutile si je n'avais eu que le clavecin en vue. » — S. B.

V. Spire Blondel : *Histoire anecdotique du piano* (1880).

CLAVETTE. *T. techn.* Petite cheville de fer plat, à tête recourbée, qui sert à arrêter une pièce s'assemblant à glissement sur une autre, et à tenir lieu d'écrou dans les ouvrages de bois ou de fer susceptibles d'être démontés. || On donne le même nom à un morceau de fer de forme légèrement pyramidale qui passe dans une rainure creusée dans la douille d'un pignon, d'une poulie, et qu'on enfonce à serrage dur sur le méplat d'un arbre pour fixer cette poulie ou ce pignon.

***CLAVICORDE.** Instrument de musique à cordes et à clavier qui a précédé l'épinette. Son mécanisme consistait en de petites baguettes de cuivre placées perpendiculairement sur l'extrémité de la touche et qui faisaient résonner des cordes de laiton très minces.

***CLAVICYLINDRE.** Cet instrument de musique à clavier, inventé par Chladni, ressemblait au piano par la forme, et à l'harmonica par la qualité et le timbre du son, lequel était produit par un cylindre de verre placé dans la caisse et parallèle au plan du clavier ; pour jouer de cet instrument on tournait le cylindre au moyen d'une pédale et d'une manivelle.

CLAVIER. On donne le nom de *clavier* à un ensemble de leviers ou touches pouvant, sous l'impulsion des doigts, basculer autour d'axes fixes, et transmettre cette série d'impulsions à des mécanismes produisant des effets déterminés.

Les claviers se rencontrent dans une assez grande quantité d'appareils, mais principalement dans les instruments de musique tels que les pianos et les orgues ; on en fait encore usage dans des appareils télégraphiques, des machines à compter, à composer pour l'imprimerie, etc.

La fabrication des claviers présente un exemple intéressant de l'application des machines outils, ce travail s'exécutant aujourd'hui presque entièrement par des procédés mécaniques.

Les matières qui entrent dans un clavier sont en petit nombre. Le cadre ou *sommier*, qui supporte le système, s'établit en bois dur, chêne ou hêtre, les touches en tilleul, recouvertes en matières diverses, ivoire, os, ébène, et depuis quelques années en celluloïd, produit nouveau qui se substitue à l'ivoire à cause de son bon marché. Le sapin que l'on a tenté de substituer au tilleul lui est bien inférieur. Une des conditions indispensables que doivent remplir ces matières, c'est d'être dans un état de siccité aussi parfait que possible. Ainsi le bois de tilleul qui sert à faire les touches doit avoir trois ans de présence au chantier, et quand on le prépare pour faire le clavier, il faut encore le laisser sécher un an avant de l'employer définitivement. Le sommier est un cadre composé de trois traverses longitudinales réunies par deux autres transversales, le tout assemblé à enfourchement. Il ne reste pour le terminer, qu'à implanter sur les deux premières traverses longitudinales en des places déterminées, des chevilles en fer étamé ainsi que nous l'indiquerons tout à l'heure.

L'ensemble des touches ou clavier est d'un travail un peu plus complexe. On débite d'abord les plateaux de tilleul en planchettes correspondant à la longueur des touches et de 0^m^,15 environ de largeur ; ces planchettes sont collées les unes à côté des autres de façon à former un nouveau plateau, qui offre la longueur du clavier qu'on veut construire. Ce plateau est réglé d'épaisseur à la machine, et mis à sécher environ une année avant de s'en servir, comme nous l'avons dit plus haut. On commence par tracer toutes les divisions déterminant les touches des notes naturelles et des dièzes ; les premières aboutissant au bord même du clavier, puis diminuant de largeur, laissent entre elles des vides rectangulaires où s'intercalent les touches des dièzes.

On trace également les repères des trous de passage des guides et des pivots, ainsi qu'un

numéro frappé sur chaque touche et qui permettra de les replacer en ordre quand on les aura découpées. Il faut encore coller sous le clavier, au droit du passage des pivots, une bande longitudinale découpée d'un côté suivant une forme convexe, cette pièce formera sous chaque touche une sorte de pont autour duquel la touche pivote sur la traverse intermédiaire du sommier.

Quelques facteurs font adapter cette pièce non sur le clavier mais sur le sommier.

Enfin, on pratique sur la tranche du clavier qui agira sur le mécanisme, une rainure dans laquelle on incruste une bande de plomb. Chaque touche sera ainsi armée d'un petit poids, qui assurera son retour naturel à la place de repos, quand on n'appuiera plus dessus. Ce tracé terminé, on met le clavier en place sur son sommier, et à l'aide d'une perceuse mécanique on fore les trous correspondants au passage des chevilles de guide, sur la partie élargie d'avant, et de celles du pivot de balancement, en un point situé environ vers le milieu, mais dont l'emplacement est déterminé spécialement pour chacun des modèles d'instrument auquel est destiné le clavier. La *perceuse* traverse le clavier et s'arrête à une certaine profondeur dans le sommier. Les trous obtenus ainsi sont ronds, il faut pour les trous de guide leur rendre une forme rectangulaire, de même pour ceux des pivots, mais pour ces derniers seulement sur une partie de la hauteur ; afin d'offrir aux chevilles le jeu indispensable au mouvement de la touche. C'est là une des opérations peu nombreuses qui s'exécutent à la main. Il n'a pas été imaginé jusqu'ici de machine remplaçant avec avantage le travail manuel.

Ces mortaises sont revêtues de petites bandes de drap collées à la colle forte qui, taillées de mesure, n'ont plus besoin que d'être posées sur place ; un petit mandrin de cuivre, que l'on descend dans la mortaise, rabat les deux bouts des bandelettes qui doivent se coller sur l'épaisseur du bois et assure leur adhérence.

On procède alors au collage des plaquettes d'ivoire ou autres matières, ainsi qu'à celui des petits dés allongés d'ébène qui forment la superficie des touches. On comprend que par suite de la forme élargie des touches blanches vers leur base, lorsqu'on les revêt d'ivoire, il y aurait une grande perte dans le débitage de cette matière si l'on voulait obtenir ces plaquettes d'une seule venue. Aussi les touches ainsi garnies sont-elles peu employées, et on les fait en deux parties. Le celluloïd, outre son bas prix de revient, a encore présenté un autre avantage pour la fabrication. On colle une bande pleine sur tout le clavier et on la découpe en même temps que les touches ; on voit qu'il y a eu là une double source d'économie.

M. Corbeel a fait connaître un nouveau procédé très intéressant. C'est l'emploi de plaquettes d'ivoire, faites avec des ivoires fossiles pulvérisés puis solidifiés de nouveau suivant les formes que l'on désire. Rien de plus facile que d'obtenir des touches en ivoire véritable d'une seule pièce et à un prix relativement peu supérieur à celui du celluloïd, dont elles n'auront pas les inconvénients. L'épaisseur du clavier, par devant, est garnie d'un revêtement semblable à celui de la surface et par le même procédé.

On porte ensuite le clavier sur la table de la scie à ruban, et l'on procède au découpage des touches suivant le tracé qui a été fait. Il reste alors peu de choses à faire pour terminer l'appareil.

Il faut régler les deux faces de la grande branche du T que forment les touches blanches, en donnant une forme circulaire aux plans transversaux pour laisser le mouvement libre aux touches des dièzes quand on les abaissera. Ce résultat s'obtient d'une façon ingénieuse par une petite machine où tournent deux petites roues dentées au milieu de guides contre lesquels on fait glisser les touches. En passant ainsi de l'une à l'autre, on règle très exactement les deux faces de la touche. Le polissage des tranches d'épaisseur s'obtient à l'aide d'une petite meule garnie de drap où l'on colle de la poudre de verre. L'ivoire se polit sur une petite meule horizontale.

L'appareil est enfin terminé, il n'y a plus qu'à procéder au montage et réglage définitif. Pour cela, on pose le sommier sur l'établi et l'on remet toutes les touches en place dans leur ordre, grâce aux repères qui y ont été imprimés lors du traçage. On règle au rabot les extrémités qui agiront sur le mécanisme, pour leur donner un jeu convenable, que le simple sciage n'a donné qu'insuffisamment. Ce dernier travail se fait à la main.

Bien que les touches soient à peu près identiques dans tous les pianos, on comprend cependant qu'elles subissent certaines variations, suivant la nature du mécanisme qu'elles doivent mettre en mouvement. Ces modifications portent d'ailleurs uniquement sur une pièce de forme variée, pour chaque facteur, et qui se colle sur la touche à l'extrémité opposée à celle où agit le doigt. Cette pièce est une petite bande de bois de même épaisseur que la touche, mais dont le profil et la hauteur s'exécutent à la demande.

Quant aux claviers des orgues, ils ne présentent aucune particularité spéciale pour leur fabrication, mais seulement dans la disposition de plusieurs étages de touches. On établit aussi des claviers, dits de *pied*, que l'organiste manie en appuyant sur les touches avec les pieds, les proportions varient par rapport aux claviers ordinaires, mais le mode de construction ne change pas. — V. Orgue, Piano. — R.

* **CLAVIHARPE.** Instrument de musique à clavier, semblable au piano comme forme, mais dans lequel les marteaux frappent des cordes de harpe ou de lyre, ce qui lui fait donner aussi le nom de *clavi-lyre*. Les touches mettent en mouvement un mécanisme qui attaque la corde par pincement, et dont l'action dure tant que la pression a lieu sur la touche. Un deuxième jeu de ce mécanisme étouffe la corde et remet le crochet en place quand on abandonne la touche.

* **CLAYA.** *T. de min.* Nom sous lequel on désigne, dans le bassin houiller du Nord, des lits de carbonate de fer, intercalés dans les schistes. Ce carbonate de fer lithoïde, est disposé en rognons de

1 à 5 centimètres d'épaisseur, et associé à des cristaux de quartz et de pyrite. Il forme des lits assez réguliers, pour permettre de reconnaître parfois les couches de houille qu'ils accompagnent. Le toit et le mur des clayas sont des plans de facile décollement ; et, quand ils se trouvent dans le toit des couches de houille, il est nécessaire de prendre des précautions spéciales, pour empêcher la chute du faux toit compris entre la houille et le claya.

* **CLAYON**. Petite claie faite par les vanniers. || Sorte de paillasson avec lequel les lessiveuses couvrent les cuviers pour concentrer la chaleur. || Les salpêtriers s'en servent aussi pour couvrir leurs cristallisoirs.

CLAYONNAGE. *T. techn.* Ouvrage formé de pieux et de branchages entrelacés qu'on emploie pour défendre les berges contre l'action des eaux, ou pour soutenir les terres en pente et les empêcher de s'ébouler.

* **CLÉCHÉ, ÉE.** *Art. hérald.* Se dit d'une pièce percée à jour de manière à laisser voir le champ de l'écu. || Se dit d'une croix dont les branches sont terminées en forme d'anneaux de clef.

I. **CLEF** ou **CLÉ**. Outre ses nombreuses acceptions, étrangères à cet ouvrage, ce mot s'applique, dans les arts et l'industrie, à une foule d'instruments destinés à ouvrir et à fermer, à tendre et à détendre, à monter et à démonter, à serrer et à desserrer, etc. Nous consacrons des articles spéciaux aux plus importants de ces outils, en les faisant précéder d'une définition de ce qu'on entend par *clef*, en terme d'architecture, de menuiserie et de charpenterie. — V. § II et suivants. || *T. techn.* 1° *Clef de poêle*. Petit appareil en forme de bascule qui, placé dans le tuyau, permet de régler le courant d'air ou de le supprimer complètement pour conserver la chaleur lorsque le combustible est consumé. || 2° *Clef d'un robinet*. Pièce mobile d'un robinet qui, selon la position qu'on lui donne, laisse écouler ou retient ce que contient le vaisseau auquel le robinet est adapté. || 3° *Clef d'un instrument de musique*. Soupape mobile adaptée à un instrument à vent, au moyen de laquelle le musicien modifie le son, selon qu'il l'ouvre ou la ferme. || 4° Outil qui sert à tourner les chevilles de certains instruments pour tendre ou pour relâcher les cordes. || 5° *Clef de pendule, de montre*. Petit instrument en forme de clef qui sert au remontage des pendules et des montres. || 6° *Clef de cheminée*. Outil d'acier avec lequel on enlève ou remet la cheminée des armes à feu à percussion. || 7° *Clef de pression*. Vis qui permet de serrer ou lâcher un pressoir. || 8° *Clef de forme*. Morceau de bois avec lequel on élargit une chaussure, en l'introduisant dans une forme brisée. || On élargit les bottes au moyen d'une *clef d'embouchoir*, morceau de bois introduit dans l'embouchoir. || 9° *Clef de lit*. Outil avec lequel on tourne les vis pour monter ou démonter le bois de lit. || 10° *Clef de relevée*. Tige à anneau qui, dans le forage des puits artésiens, sert de tête de sonde ; la *clef de retenue* est le canal où glisse la tête de sonde. || 11° *T. de mécan.* Petite pièce de fer qui traverse une bielle et sa chape et les maintient à l'aide de la contre-clef. || 12° *T. de mar.* Pièce de charpente qui, placée horizontalement, tient le bâtiment droit dans sa forme. || 13° Sorte de coin qu'on enfonce entre les varangues d'un navire en construction.

II. **CLEF**. *T. d'arch. et de constr.* Pierre occupant la partie centrale d'un arc, d'une voûte plate ou cintrée et que l'on nomme ainsi parce qu'elle forme, en quelque sorte, la clôture, la fermeture de cet arc ou de cette voûte ; c'est elle, en effet, qui, mise en place la dernière, maintient en équilibre toutes les autres pierres qui composent le cintre ou la plate-bande. La pose de la clef est donc une opération très importante et en même temps très délicate. On y procède, soit en enfonçant le bloc avec une *dame* du poids de 15 à 20 kilogrammes dans le vide ménagé à cet effet, soit en le laissant tomber dans ce vide d'une certaine hauteur, ou bien encore, en le posant à sec et remplissant ensuite les joints avec du mortier. Dans la construction de certaines voûtes, des arches de ponts notamment, on détermine, à l'avance, l'épaisseur du cintre à son sommet, et, par suite, la hauteur de la clef. On applique d'ordinaire une formule empirique que Perronnet a déduite de ses observations : $e = 0{,}0347\,d + 0^{m},325$ dans laquelle e désigne l'épaisseur cherchée en mètres, d la distance des pieds-droits. Notons que pour des valeurs de d supérieures à 30 mètres, cette formule donne des épaisseurs trop fortes ; il convient, en pareil cas, de se guider sur les constructions existantes. Dans les plates-bandes et arcs formant la fermeture des baies, la clef est un bloc unique occupant le milieu. Dans les voûtes en berceau, elle est composée d'une série de pierres occupant toute la longueur de la voûte. Dans les voûtes d'arête, la clef a la forme d'une croix ou d'une étoile ayant autant de branches qu'il y a de côtés ou de lunettes. Dans les voûtes en arc de cloître et dans les voûtes sphériques ou sphéroïdes, les *clausoirs* ou pierres placées aux extrémités de chaque rang de voussoirs forment clefs, et, de plus, il y a une clef principale occupant le sommet de la voûte et dont la forme est ordinairement semblable au plan de cette voûte.

Dans les constructions de tous les temps, de tous les styles, le rôle important de la clef est fréquemnent accusé par une ornementation spéciale. Dans les ordres, selon Vignole, la clef est, pour le toscan ou le dorique, une simple pierre en saillie ou bossage ; la clef ionique est taillée de nervures en manière de console avec enroulements ; pour le corinthien et le composite, c'est aussi une console à enroulements, mais décorée de sculptures et de feuillages. D'ailleurs, l'ornementation des clefs dépend surtout du caractère de l'édifice. Les Romains les accompagnaient de têtes saillantes, de symboles allégoriques. Parmi les plus belles clefs antiques, nous citerons celle de l'arc de Titus, décorée d'une figure de femme représentant Rome et celle de l'arc de Septime Sévère, sur laquelle l'empereur est figuré debout avec des trophées à ses pieds. Pendant la période

romane, les clefs se confondirent avec les autres claveaux. Dans l'arc en tiers-point, qui caractérise la période suivante, la clef fut même supprimée et le sommet de l'arc occupé par un joint. Dans les voûtes dites en *arcs d'ogive*, au contraire, les clefs, devenues indispensables, furent ornées de sculptures très variées. La Renaissance reprit les clefs d'archivoltes, ornées de bas-reliefs.

Suivant leur appareillage et leur aspect, on donne aux clefs certaines dénominations. La clef *passante*, plus longue que les autres pierres de l'arc, fait partie de l'assise de niveau placée au-dessus et s'y relie souvent par deux crossettes. La clef *pendante* descend en contre-bas de la voûte ou de l'arc ; on trouve des exemples remarquables de clefs pendantes sculptées dans l'architecture du moyen âge et dans celle de la Renaissance. On se sert enfin quelquefois du mot *agrafe* pour désigner une clef d'archivolte ; mais cette dénomination s'applique surtout à la partie extérieure de la clef ou à son ornementation qui, placée sur les bandeaux des arcs, paraît unir ensemble plusieurs membres d'architecture.

III. **CLEF.** *T. de charp.* 1° Petite pièce de bois en forme de coin, destinée à réunir et à serrer deux moises. Les fig. 319 et 320 montrent, en A, une clef non posée et, en B, deux clefs posées qui serrent deux moises contre une pièce de bois horizontale. La tête C de la clef porte contre une

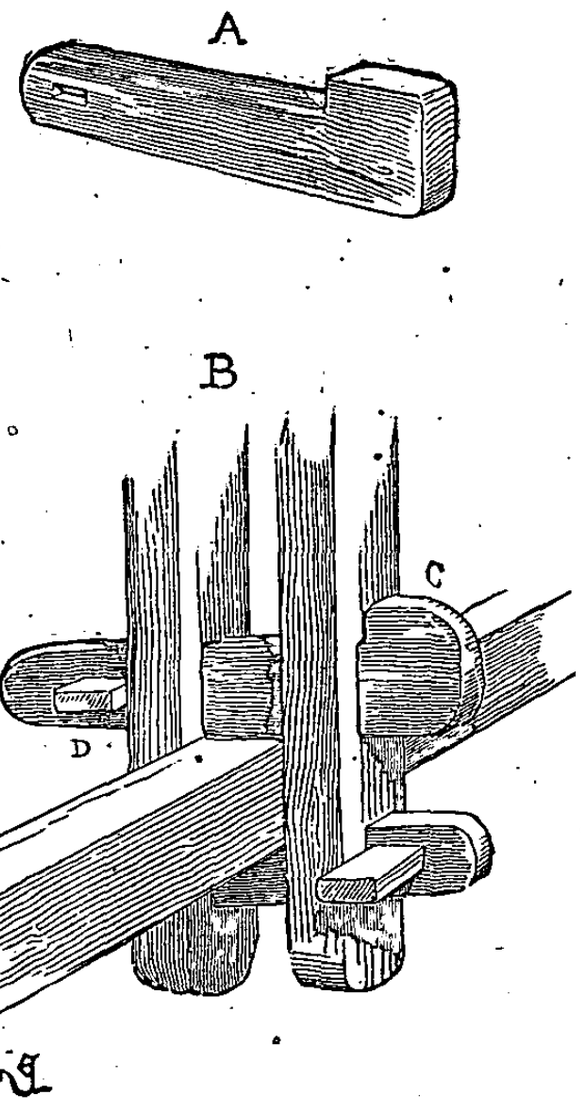


Fig. 319 et 320. — *Clef de charpente.*

moise, tandis que la clavette D, enfoncée à force, vient serrer le tout. Ce mode d'assemblage des pièces de bois était particulièrement usité au moyen âge, l'emploi des boulons n'existant pas à cette époque. || 2° Cheville carrée de bois employée dans les assemblages des pièces juxtaposées. || 3° Pièce de charpente boutée par deux décharges pour fortifier une poutre.

Clef. *T. de menuis.* Tenon qui entre dans deux mortaises pour l'assemblage des panneaux de menuiserie.

IV. **CLEF.** *T. de serrur.* Instrument de fer avec lequel on ouvre et l'on ferme les serrures et les cadenas. Une clef se compose de trois parties essentielles : 1° l'*anneau*, qui sert à tourner l'instrument et qui est elliptique, circulaire, carré, triangulaire ou à trèfle ; 2° la *tige*, pleine ou forée, se terminant, dans le premier cas, par une partie arrondie et dite alors *à bouton* ou *bénarde* ; percée, dans le second cas, d'un trou longitudinal, dans lequel pénètre une broche fixée au palastre de la serrure vis-à-vis de l'entrée ; 3° le *panneton*, qui fait mouvoir les pièces mobiles de la serrure et qui est ordinairement découpé par des ouvertures destinées à laisser passer les garnitures ou gardes de l'intérieur de la serrure. Une partie moulurée, appelée *embase*, sépare la tige de l'anneau. Quelquefois le panneton est double ou en croix, d'autres fois il n'existe pas ou fait à peine saillie sur la tige, comme dans les clefs à pompe des serrures de sûreté ; ces dernières, de petite dimension, ont ordinairement la tige fendue en quatre ou cinq parties à son extrémité ; elles sont ainsi désignées parce qu'elles n'agissent qu'en pressant un ressort. — V. SERRURERIE.

HISTORIQUE. L'usage des clefs est très ancien. Le Musée du Louvre en possède plusieurs, d'origine égyptienne, parmi lesquelles on en remarque de très simples en fer, à trois ou quatre dents, ainsi que d'autres en bronze, à gardes et à barbes compliquées. Les Grecs connaissaient aussi les clefs. Homère en parle dans l'*Odyssée* : « Pour vous, Philétius, je confie à vos soins les portes de la cour ; vous les fermerez à *clef*, etc. » Dans un autre endroit, le poète nous montre Pénélope ouvrant la porte de sa maison : « D'une main ferme elle saisit la clef courbée en faucille qui était d'airain et d'un beau travail, et dont la poignée était d'ivoire. »

On vantait beaucoup les clefs d'origine égyptienne, fabriquées à Sparte, en Laconie, et appelées pour cette raison *clefs laconiennes*. Elles avaient trois dents, comme le montre un original égyptien conservé au Musée britannique, et elles fermaient les serrures de telle façon que ceux qui étaient dans l'intérieur ne pouvaient sortir si on ne leur ouvrait du dehors. Cette invention, très favorable à la sécurité des époux, ne plaisait pourtant point à tout le monde. Les Athéniennes s'en plaignent ouvertement dans les *Fêtes de Cérès*, comédie d'Aristophane, représentée environ 400 ans avant J.-C. : « Hélas ! nous ne pouvons plus, comme autrefois, tromper nos maris ; ils ont à présent de petites clefs malignes à trois dents, de ces clefs laconiennes, comme on les appelle. »

Les Romains donnaient à la clef le nom de *clavis*. Les *clefs de porte*, faites avec des gardes régulières, comme celles dont on se sert maintenant, ainsi qu'on le voit d'après les modèles trouvés à Pompéi, étaient les plus grandes, et on les employait pour fermer les portes d'une ville, d'une maison ou d'un autre édifice, les caves, les magasins, etc. Elles étaient suspendues à la ceinture des agents ou des esclaves à qui ce soin était confié.

Les Romains se servaient encore d'une espèce particulière de clef (*clavis laconica*), qui n'est autre que la *clef laconienne* des Grecs. Comme cette dernière, la *clavis laconica* avait trois dents ; elle était introduite à l'*inté-*

rieur de la porte par une personne placée au *dehors*, qui passait son bras par un trou fait dans la porte à cet effet, *clavi immittendæ foramen*, comme dit Apulée, et levait ensuite le loquet au moyen des dents saillantes. Cette explication s'appuie sur un passage de la *Mostellaria* de Plaute.

Enfin, la *clavis clausa* était une petite clef sans gorge ou bascule qui se portait au doigt comme une bague, ainsi que le montre un spécimen de la *Dactyliotheca* de Gorlaeus. Par conséquent, cette clef ne devait servir que pour lever des loquets ou ouvrir des serrures petites et faciles; de plus, quand elle était introduite dans la serrure ou la porte, elle devait y être presque cachée.

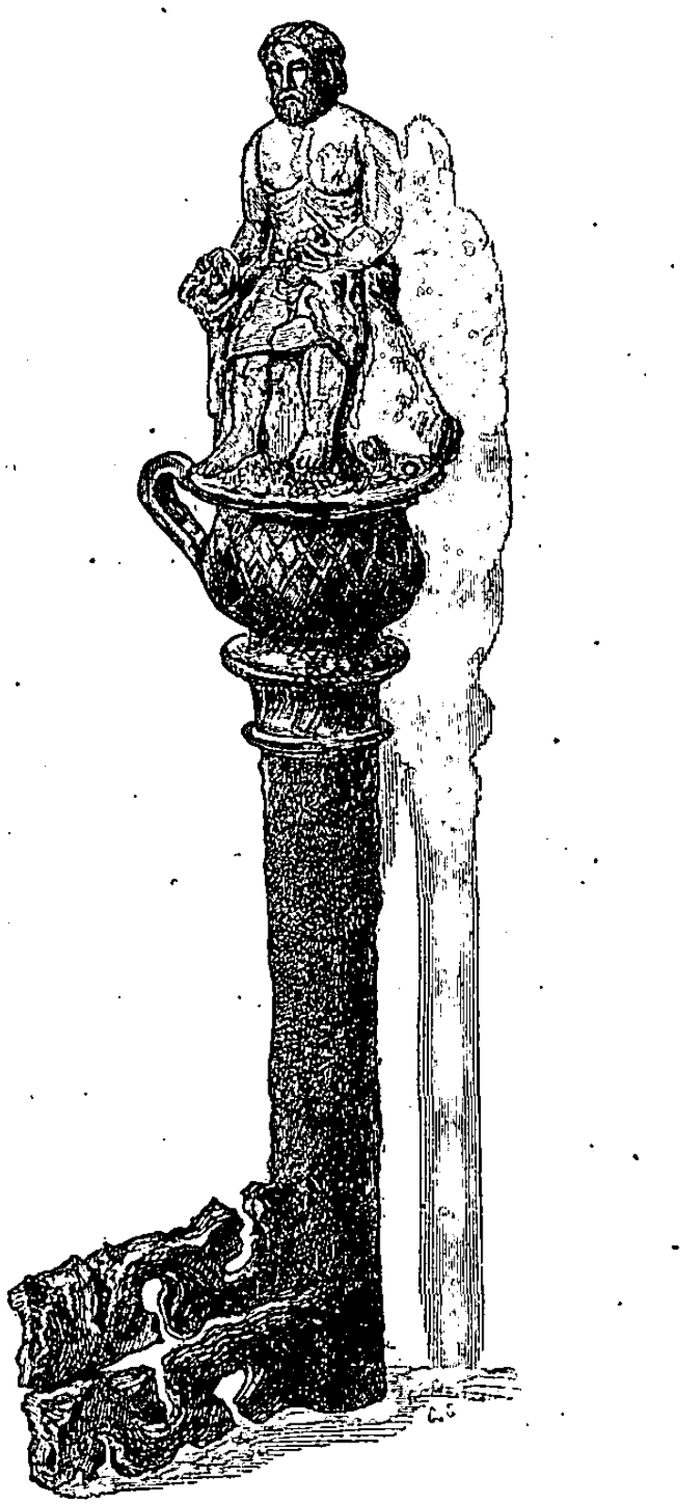


Fig. 321. — *Clef antique découverte aux environs de Tarare.*

Souvent les clefs romaines sont ornées de manches de bronze très ornés, tel que celui qui fait partie de la collection des bronzes antiques du Musée du Louvre (n° 799). Ce manche, décrit par M. de Longpérier, offre la partie antérieure d'un lion couché; ses yeux sont d'argent; sa langue est pendante et il tient entre ses pattes une tête de sanglier. De chaque côté, un petit génie ailé, entièrement nu, debout sur la patte de l'animal, se retient à la crinière. Le corps du lion est remplacé par un fleuron sortant d'une virole ornée de cordons de perles.

La clef découverte aux environs de Tarare avec des monnaies à l'effigie de Dioclétien et représentée figure 321, n'est pas moins curieuse. Elle est en fer; le manche représentant Silène assis sur une outre est en bronze couvert d'une belle patine verte. On suppose que cette clef fermait la porte d'un cellier. Le vase sur lequel re pose la statuette paraît être l'*acratophorum*, destiné à renfermer le vin pur que l'on prenait pour mélanger avec l'eau dans les cratères. Ce vase était garni de deux anses dont l'une a été brisée au moment de la découverte. Cette clef appartient à la collection de Mme Napolier, et a figuré à l'Exposition de 1867.

Citons maintenant, à titre d'antithèse, une *clef d'eau*, en bronze, trouvée à Capri, dans le palais de Tibère. Cette clef, conservée dans la galerie des Bronzes, au Musée national de Naples, servait aux bains de l'empereur. La rouille l'a hermétiquement fermée, et elle conserve de l'eau, dont on entend le bruit, lorsqu'on la remue.

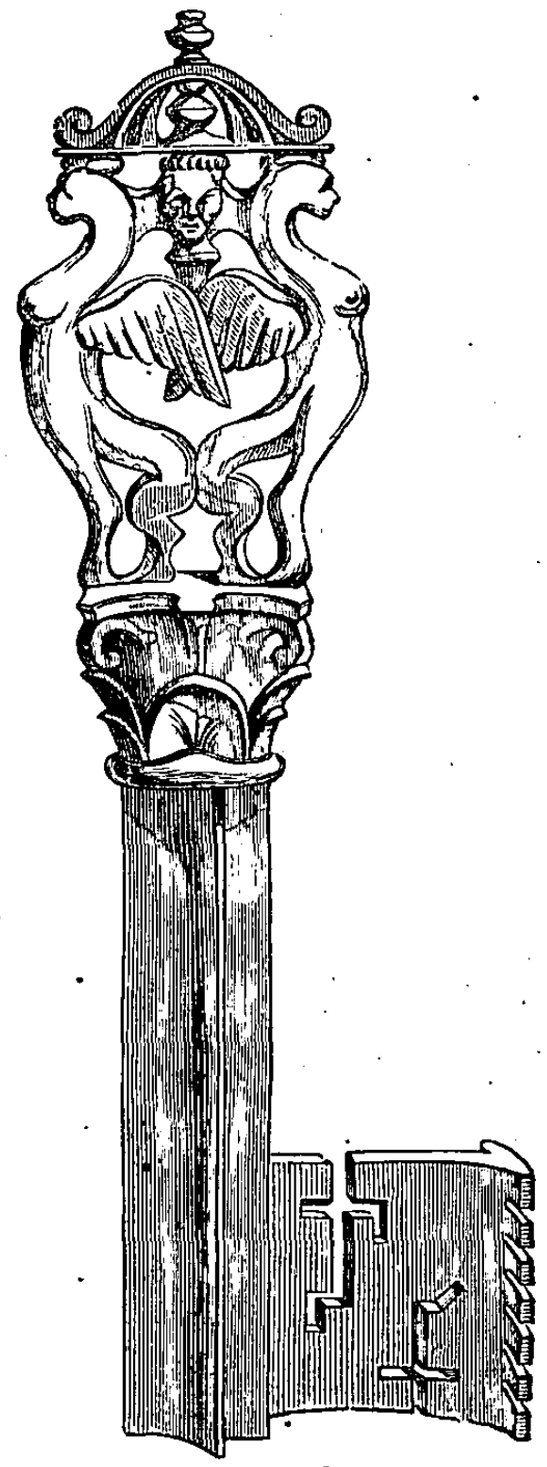


Fig. 322. — *Clef du XIII^e siècle avec deux figures de chimères adossées (Collection Soltaj Roff).*

Pendant le moyen âge, époque où le fer sembla prendre entre les mains des habiles serruriers une ductilité, on pourrait dire une flexibilité inouïe, les clefs devinrent des merveilles dont les anciens spécimens seront toujours admirés. « Rien de plus gracieux, dit M. Jules Labarte, que les figurines en ronde-bosse, les armoiries, les chiffres, les ornements et les découpures, dont etait enrichie cette partie de la clef que la main saisit, et que nous avons remplacée par un anneau commun (fig. 322). »

Les filigranes des papiers du moyen âge offrent différents types de clefs des XIV^e et XV^e siècles, dont on retrouve les originaux dans la collection du Musée de la Société des antiquaires de Normandie, à Caen. Mais aucune de ces clefs n'approche de celle dont parle le *Roman de la Rose*, et qui était damasquinée d'or :

Lors à l'aumosnière traicte,
Une petite clef bien faicte
Qui fu de fin or esmeré (damasquiné).

Parmi les clefs de la Renaissance, il en est qui sont de véritables bijoux, et c'est là que le XVIe siècle triomphe. Plus l'art se perfectionne, en effet, plus les clefs deviennent élégantes et légères. Les collections du Louvre, de l'Hôtel de Cluny, de MM. Delaherche et Fau, offrent des spécimens avec chiffres découpés à jour, et timbrés de couronnes comparables à certains ouvrages de bijouterie exécutés plus tard en or ciselé. Le Musée de Caen possède en ce genre une œuvre magistrale : c'est une clef du XVIe siècle dont le canon, foré et tréflé, est accompagné de sa gaîne. L'anneau, finement ciselé, figure la rencontre de deux animaux fantastiques.

Avec le XVIIe siècle paraissent les clefs, dites *bernardes*, du nom de leur inventeur. Leur mérite consistait à ouvrir indistinctement les portes à gauche et à droite. Deux clefs de ce genre, de travail français, appartiennent à la collection Sauvageot, au Louvre. C'est alors que furent publiés les recueils de dessins d'Antoine Jacquart, de Poitiers; de Pompeus, de Pierre Guillebaud et de Jehan Gilbert de Rouergue, dans lesquels on remarque des clefs d'une ornementation plus pure et plus sévère.

Mais à partir de 1620, le style devient lourd et forcé, les artistes multiplient dans les ornements les mascarons et les animaux chimériques à gorge de femme. On en trouve des exemples dans les clefs du recueil de Mathurin Jousse, serrurier de la Flèche (1627). Le Musée de Bordeaux est très riche en clefs de luxe du XVIIe siècle. On y voit une clef de coffre à tige rectangulaire terminée par un chapiteau que surmontent deux dauphins affrontés. M. Moreau possède également toute une collection de clefs, entre autres une clef de Louis XIII avec ornements découpés à jour, et quelques clefs du temps de Louis XIV superbement travaillées.

Le XVIIIe siècle donna le jour à plusieurs serruriers célèbres, tels que Moreau, dont on peut voir, au Musée de Bordeaux, une clef à panneton à peigne, terminée par un balustre à jour. C'est, dit-on, son chef-d'œuvre. Depuis cette époque, les clefs ont cessé d'être des objets de luxe artistique. C'est pourquoi les amateurs recherchent avec tant d'empressement les anciennes clefs, et les conservent comme les produits d'un art disparu, comme tant d'autres, depuis longtemps.

V. **CLEF**. Nous nous occupons ici uniquement des outils désignés sous le nom de *clef*, et qui servent à déterminer le serrage d'une pièce tournant autour d'une autre, écrous, boulons, tuyaux, etc.

La *clef à écrous*, la plus simple et la plus ancienne, se compose d'une mâchoire échancrée intérieurement suivant le contour polygonal de l'écrou ou une portion de ce contour seulement, montée sur

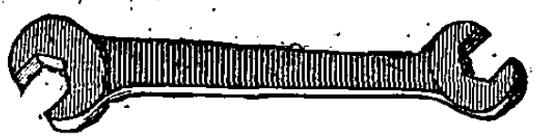


Fig. 323.

une soie que l'on peut saisir à la main. On embrasse la tête de l'écrou dans l'échancrure et en tournant l'outil on déplace l'écrou sur la tige filetée du boulon, serrant ou desserrant ainsi à volonté (fig. 323).

C'est dans cette catégorie qu'il convient de ranger les *clefs de voiture*, pour essieux à graisse, et essieux patent (fig. 324 et 325).

Il est bien évident à première vue que le rôle de ces outils est très borné, puisque chacun d'eux ne peut servir que pour une seule grandeur d'écrou. On a bien essayé de remédier à cet inconvénient en faisant les têtes des clefs plus larges, et en y pratiquant plusieurs encoches correspondant à des diamètres différents. Mais cette clef, tout en ayant un usage plus étendu, n'apporte cependant pas la solution générale du problème. Aussi a-t-on

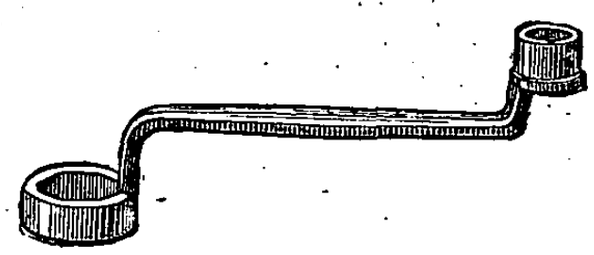


Fig. 324.

cherché à construire un modèle de clef qui put s'adapter à un écrou de n'importe quel diamètre. Cet outil si répandu est connu sous le nom de *clef anglaise* (fig. 326).

Il est formé de deux mâchoires parallèles, en forme de tête de marteau, l'une fixe et l'autre pouvant être écartée plus ou moins de la première. La mâchoire extrême est portée par une tige, traversant à frottement doux la mâchoire inté-

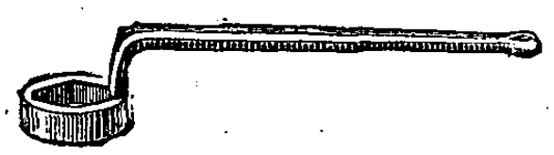


Fig. 325.

rieure, et qui se termine par une partie cylindrique filetée. Cette extrémité filetée passe dans un écrou dont on détermine la rotation à l'aide du manche avec lequel il fait corps et qui bute contre le tube qui porte la mâchoire fixe. On voit qu'en agissant sur ce manche on écartera les mâchoires, au degré voulu, pour saisir l'écrou et le serrer entre elles.

De nombreux reproches pouvaient encore être adressés à cet instrument. D'abord la longueur de temps à dépenser lorsqu'il s'agissait de passer

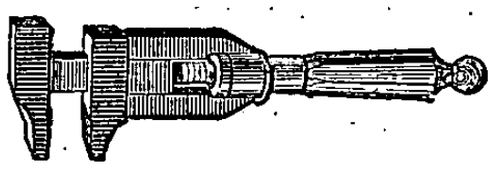


Fig. 326.

d'un petit écrou à un grand. La vis était très dure à tourner, et ne pouvait être que difficilement lubrifiée, enfin la mobilité de la mâchoire extrême, qui faisait que plus l'écrou à attaquer était grand, et plus la résistance de l'instrument devenait petite. Aussi de nombreux inventeurs se sont-ils ingéniés à construire des modèles de clefs réalisant les conditions exigées. Il serait impossible de les décrire tous, cette nomenclature fastidieuse par ses répétitions, absorberait ensuite une place peu en rapport avec l'importance du sujet. D'ailleurs tous ces modèles peuvent se ramener à quelques types principaux dont ils ne sont que des variantes. Nous nous bornerons à décrire ces types.

La clef qui a été imaginée par Paulin Desor-

meaux comme premier perfectionnement à la clef anglaise, comprend deux mâchoires de même forme, seulement c'est l'extrême qui est fixe. Elle est portée par un manche dont la partie attenante à la mâchoire laisse une coulisse intérieure, dans laquelle est enfermée la mâchoire mobile dont la forme est donnée à part sur la figure, et qui s'appuie par deux épaulements sur les joues de la coulisse. Une tige filetée, reposant à pivot dans la mâchoire fixe, traverse librement un épaulement porté sur la seconde mâchoire et est supportée par un autre épaulement faisant corps avec le manche

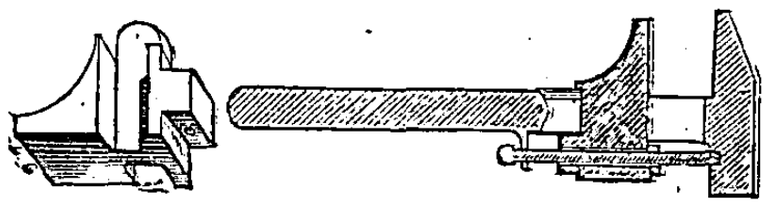


Fig. 327. — *Clef Paulin Desormeaux.*

de l'outil. Sur cette tige filetée courent deux écrous qu'on peut facilement déplacer à la main et qui servent à arrêter la position de la mâchoire mobile (fig. 327). Le maniement de cet outil s'exécute beaucoup plus rapidement que le premier, de plus les parties filetées toutes extérieures, sont faciles à maintenir toujours bien lubrifiées.

L'on trouve dans le commerce, sous les noms de leurs inventeurs, une assez grande quantité de clefs qui ne sont que des variantes de la clef de Paulin Desormeaux. Les modifications portent principalement sur des détails d'agencement dans la tige filetée. Nous croyons superflu de nous étendre plus longuement sur ce sujet.

La clef de Ferrabée peut être décrite, comme type des clefs qui permettent encore d'opérer bien

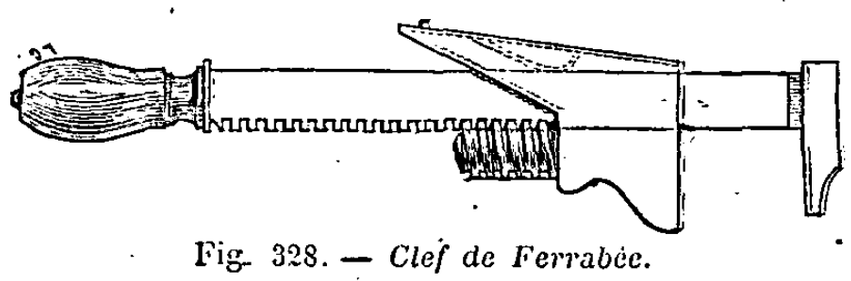


Fig. 328. — *Clef de Ferrabée.*

plus rapidement que les clefs précédentes, mais sans donner peut-être un serrage aussi énergique sur la tête de l'écrou. La mâchoire extrême est portée par une tige carrée, taillée en crémaillère sur une partie de l'une de ses faces. La mâchoire mobile glisse librement sur cette tige avec un certain jeu, la mortaise sur la face inférieure étant en plan incliné, ce qui permet de faire basculer un peu la mâchoire pour la déplacer facilement. Un petit ressort disposé à l'intérieur de la mâchoire mobile, en pressant sur la tige, assure l'adhérence des deux pièces. Cette mâchoire forme l'écrou d'un petit filet de vis engrenant la crémaillère. En appuyant sous la mâchoire mobile, on la fait basculer et l'on peut la laisser couler rapidement sur l'écrou ; mais en l'abandonnant, le ressort la ramène à sa position normale, le filet engrène la crémaillère, et, en agissant sur celui-ci, on achève le serrage de l'écrou entre les mâchoires (fig. 328).

On a souvent besoin dans les ateliers, pendant la construction d'une machine, de présenter en regard ses diverses pièces et, tout en mettant les écrous en place, on n'a pas recours à un serrage très énergique. Ce qu'il faut c'est de pouvoir opérer très rapidement. Voici un modèle de clef qui atteint bien ce but, il ne renferme aucune pièce filetée. La mâchoire mobile glisse librement sur la tige carrée qui porte la mâchoire fixe, et l'œil, qui permet ce glissement, se prolonge au-dessus de la tige, formant une petite chambre où vient se loger un coin porté par un petit manche. On voit

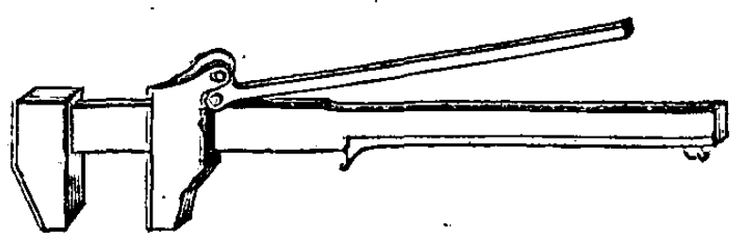


Fig. 329.

tout de suite, que suivant qu'on appuie ou non sur ce manche, le coin viendra serrer la mâchoire mobile sur la tige et l'y fixer, ou la laissera glisser librement. Il faut seulement, quand on veut tourner l'écrou, tenir les deux manches de l'outil comme si l'on maniait une pince ou une tenaille (fig. 329).

La clef de Gwynn appartient encore à cette classe. La mâchoire mobile est fixée invariablement à la seconde poignée, et glisse sur la tige de la mâchoire fixe, dont deux côtés sont taillés à dents sur lesquelles viennent gripper d'autres dents taillées sur la mâchoire mobile, ce qui assure la fixité de l'instrument.

On a également cherché à rendre le premier de tous les modèles, propre au service des écrous de diamètre variable, c'est ce que l'on nomme la *clef*

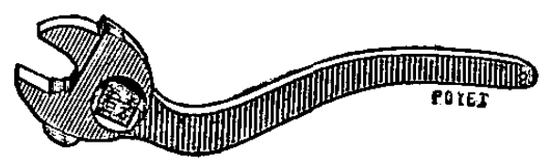


Fig. 330.

en S (fig. 330). La mâchoire de la clef est formée de deux pièces pénétrant à enfoncement dans l'extrémité du manche, et terminées intérieurement par une crémaillère engrenant avec un petit filet de vis, qu'on voit dans le manche et qui permet de règler l'écartement des mâchoires suivant le diamètre de l'écrou.

La clef de Samuel, dite *clef universelle*, ne diffère de la précédente qu'en ce que l'écartement des deux parties de la mâchoire, au lieu d'être

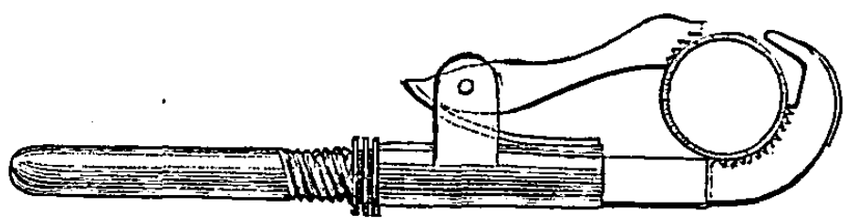


Fig. 331.

obtenu par le filet de vis, est produit par l'action du manche pivotant sur l'une des portions de la mâchoire autour d'un axe, et actionnant l'autre portion par son extrémité taillée à dents.

Certaines pièces de mécanique, ne permettent

pas d'employer des écrous à tête assez saillante pour être pincée dans une clef ; ces écrous réduits à de petites rondelles sont logés dans des cavités cylindriques. Leur serrage s'obtient à l'aide de clefs dites *clefs à goujons*. Elles sont formées

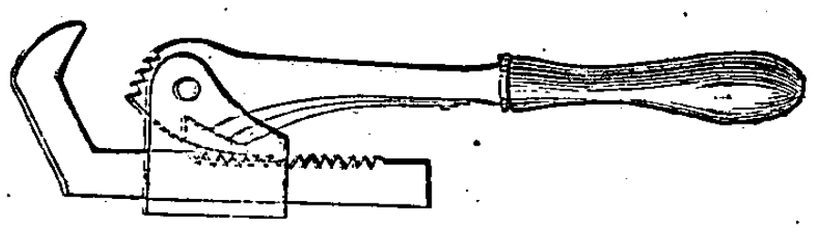


Fig. 332.

d'une sorte de compas à branches droites ou recourbées en équerre, dont on introduit les extrémités dans des entailles pratiquées sur l'écrou, ce qui permet de les serrer ou dévisser à volonté.

Les clefs sont encore employées d'une façon courante pour visser deux bouts de tuyau l'un sur l'autre. Ces nouveaux outils sont établis exacte-

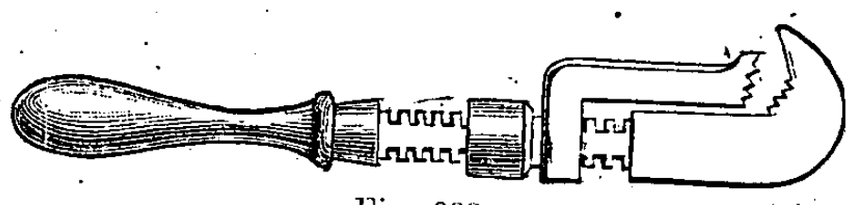


Fig. 333.

ment comme les premiers, à la disposition près des mâchoires qui se terminent par des arcs dentelés de façon à pouvoir enchâsser la forme ronde des tuyaux sans glisser sur eux. Nous croyons superflu de répéter les détails relatifs au mode de construction, la vue de quelques types de ces nouvelles clefs suffisant pour en faire comprendre le fonctionnement (fig. 331 à 333).

VI. **CLEF** *de Garengeot*. Instrument destiné à l'extraction des dents et principalement des grosses dents ou dents molaires. Il se compose : 1° d'un *manche* de longueur et de grosseur suffisantes pour être aisément tenu dans la main, et divisé en deux parties égales que réunit ensemble un pas de vis. Une de ces parties est creusée pour recevoir un petit tournevis, destiné à enlever une vis qui maintient le crochet, lequel doit être porté, soit à droite, soit à gauche, suivant la position de la dent que l'on veut extraire ; 2° d'une *tige* droite métallique, terminée en haut par un anneau qui s'engage à frottement entre les deux parties du manche, et en bas par le *panneton ;* celui-ci qui fait partie intégrante de la tige est large, aplati et présente, à son bord supérieur, une échancrure dans laquelle s'engage le crochet (fig. 334). Cette échancrure est elle-même limitée, en haut et en bas,

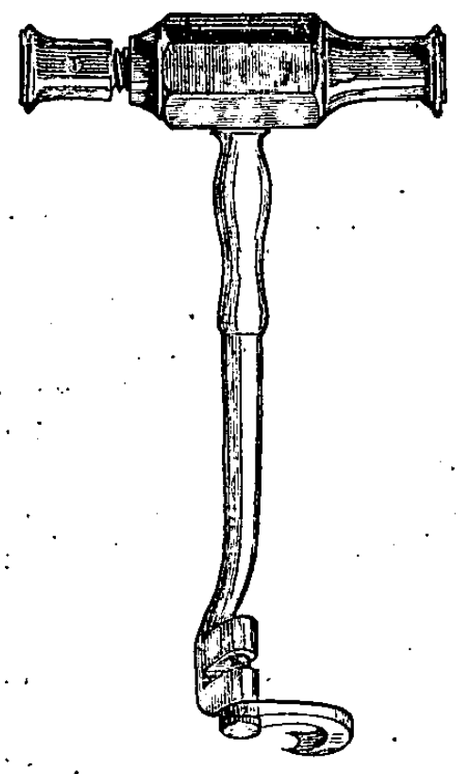


Fig. 334. — *Clef de Garengeot.*

par deux saillies qui sont percées d'un trou permettant d'introduire une vis qui, s'engageant dans un trou analogue percé dans le talon du crochet, le fixe solidement sur le panneton ; 3° d'un *crochet* courbé en demi-cercle et d'une grandeur proportionnée au volume de la dent que l'on veut enlever.

Voici comment on se sert de cet instrument : après avoir constaté quelle est la dent que l'on veut extraire et déterminé le lieu où l'on doit prendre un point d'appui, on dispose le crochet à l'aide du tourne-vis et on le tourne, soit à gauche, soit à droite, selon que la dent malade siège à la mâchoire supérieure ou inférieure, au côté gauche ou au côté droit. Pour que la pression, exercée sur la gencive par le panneton, ne soit pas trop douloureuse, on enveloppe celui-ci d'un peu d'ouate que l'on maintient à l'aide d'un petit morceau de linge disposé de façon à ne gêner en aucune manière les mouvements du crochet sur le panneton.

Le malade a la tête appuyée sur le dossier d'un fauteuil et tient la bouche suffisamment ouverte ; l'opérateur y introduit le doigt indicateur de la main gauche, destiné à servir de guide à la clef. Le panneton, étant appliqué sur la gencive, on saisit la dent de façon que la couronne se trouve logée dans la courbure du crochet et que de l'autre côté le panneton réponde bien sur la gencive, à l'extrémité de la racine. On a ainsi un levier du premier genre, dans lequel la résistance a lieu sur le collet de la dent, le point d'appui sur le côté opposé de l'alvéole et dont la puissance se trouve placée au niveau du manche. Il suffit alors de faire exécuter à la clef un mouvement de rotation et la dent se trouve entraînée.

VII. ***CLEF TÉLÉGRAPHIQUE** ou **ÉLECTRIQUE.** Dans le langage électrique, on donne le nom générique de *clefs* à de petits instruments accessoires, employés dans l'installation des circuits servant à la télégraphie ou aux mesures électriques. Telles sont : les *clefs de contact*, pour établir une communication alternative entre la ligne d'une part, la pile ou le récepteur de l'autre, comme la *clef Morse* ou *clef à levier*. — V. MANIPULATEUR.

Les *clefs doubles*, pour envoyer à volonté un courant positif ou négatif (manipulateurs à inversion) : les *clefs à ressort* (à 1, 2, 3 ressorts) établissant des contacts alternatifs ou successifs ; les *clefs de décharge*, établissant la communication d'un condensateur ou d'un câble, soit avec la pile, soit avec la terre, ou l'isolant des deux à la fois ; les *clefs d'interruption* ou *d'inversion* (V. COMMUTATEUR) ; les *clefs de court circuit*. — V. CIRCUIT.

***CLÉMENT-DESORMES** (NICOLAS), chimiste, né à Dijon en 1779, mort à Paris en 1841. Il fut professeur au Conservatoire et, par ses cours et ses écrits, il fit faire de grands progrès à la chimie industrielle.

CLENCHE. *T. techn.* Pièce principale d'un loquet, celle qui reçoit le mentonnet et qui tient la porte fermée ; on dit aussi *clenchette*.

CLEPSYDRE. Appareil destiné à mesurer le temps, et dont le moteur est l'eau. Un liquide,

s'écoulant par un orifice de faible section, situé à la partie inférieure d'un vase, peut servir à mesurer le temps que met ce vase à se vider en partie ou totalement. C'est néanmoins un des problèmes les plus ardus de l'hydrostatique, car la vitesse d'écoulement d'un liquide par un orifice varie avec la section et la forme de cet orifice, ainsi qu'avec les variations de nivèau du liquide contenu dans le vase.

Les auteurs ne sont pas d'accord sur l'inventeur de la clepsydre. De notre temps, Varignon et Daniel Bernouilli se sont occupés de cette question tellement complexe qu'elle n'a pu entrer couramment dans la pratique.

— Les principaux ouvrages traitant de la question sont : *Histoire des mathématiques*, de MONTUCLA : *Horologi elementari* dans le traité du P. MARTINELLI (Venise, 1663); *Redivivi Heronis nova et amenior de fontibus philosophia, auctore Jacobo Dobrzenski de Nigro Ponte, Boemo Pragensi* (Ferrare, 1657).

***CLÉSINGER**, sculpteur, né à Besançon en 1814, mort le 6 janvier 1883. Il trouva près de son berceau l'ébauchoir paternel et la terre glaise qu'il pétrit avant d'apprendre ses lettres; à dix ans, croyant n'avoir plus rien à apprendre, il quitte ses parents et fait tant bien que mal son éducation; à seize ans, le prince cardinal de Rohan, frappé de ses dispositions, le prend en affection et l'emmène à Rome; là, le jeune artiste étudie l'architecture sous Salvi et la sculpture sous Thorwaldsen.

Il expose, pour la première fois, au salon de 1842; l'année suivante, le buste de Scribe le fit assez remarquer pour que le duc de Nemours lui commandât le sien. Son premier grand succès date de 1847, avec la *Femme piquée par un serpent*. L'étonnement fut grand. On discuta la femme de Clésinger: et quelles discussions! Planche, le terrible Gustave Planche, était en immense fureur; cela le troublait, car c'était une chose magnifique, mais qui ne ressemblait pas à ce qu'il avait coutume d'admirer: il eût crié au réalisme, s'il avait connu le mot; la statue manquait de convenu, elle était trop vraie, trop sincère, et il demandait (outrage énorme!) si quelques morceaux, au lieu d'avoir été modelés, n'étaient pas tout simplement des moulages pris sur nature; l'artiste bondissait de colère indignée à ce noir soupçon!

Les romantiques (il y en avait encore) applaudissaient, au contraire, à pleine poigne, comme aux grands jours de leurs batailles rangées d'autrefois. On voyait reparaître les bérets enthousiastes et les gilets à revers, symbole de la foi artistique des rénovateurs. Grands et petits confondaient leurs hommages. Thoré lui-même, le fin critique, d'un goût si sûr, qui prétendait (contrairement à l'usage) que pour parler sculpture et peinture, il faut s'y connaître, Thoré, dont les *Salons* sont restés comme des modèles et se lisent toujours, prit en main la cause de Clésinger, et défendit du bec de sa meilleure plume la *Femme piquée* par les serpents classiques.

En cette même année de 1847, il épousa la fille de George Sand.

La glace était rompue; contesté par les uns, mais loué sans réserve par les autres, Clésinger était désormais classé parmi les plus considérables. Un an plus tard, en 1848, il s'affirmait par une autre œuvre magistrale, la *Bacchante couchée*, inspiration qui procédait encore du romantisme et qui, frémissante de passion, continuait à scandaliser les derniers représentants, haut cravatés, de la convention qui résistait encore, du fond de la troisième classe de l'Institut.

Le salon de 1847 lui avait valu la médaille de 2e classe, en 1848 la médaille de 1re classe et la croix de la Légion d'honneur.

Sans cesse il poursuivait de nouvelles chimères, rêvant de manifestations artistiques inconnues avant lui; c'est ainsi qu'il donna cette colossale statue équestre de François Ier que nous nous souvenons d'avoir vue pendant toute une année dans la cour du vieux Louvre; critiquée outre mesure, elle avait pour principal défaut de n'être point dans son milieu: un peu dépourvue de simplicité, un peu agitée, un peu chargée de détails, elle rompait l'harmonie des grandes lignes du palais; le cadre merveilleux qui l'environnait lui fit du tort, et nombre d'ennemis furent heureux de saisir l'occasion pour se venger des succès récents de Clésinger.

Il ne put supporter la vivacité de la critique et dans un accès de mauvaise humeur, il brisa son François Ier qu'il eût le courage de recommencer quelques années après. Celui-ci fut exposé aux Champs-Elysées et recueillit tous les suffrages, aujourd'hui le roi s'amuse dans les combles du Palais de l'Industrie entre quatre planches. Une statue équestre de Napoléon Ier, exposée à la même époque, est également reléguée dans quelque coin obscur. Ces deux belles statues valurent à Clésinger, en 1864, la rosette d'officier.

Parmi ses œuvres les plus remarquées, on doit citer, *Ariane couchée sur un tigre;* le *Christ mort;* la *George Sand* qui est aujourd'hui au foyer de la Comédie Française; *Cléopatre devant César*, œuvre polychrome qui fit quelque tapage; *Lucrèce mourante; Phryné devant l'aréopage;* deux groupes: *Nessus et Déjanire, Persée* et *Andromède;* le buste du général Cissey; un vigoureux *combat de taureaux romains*.

Le gouvernement actuel avait commandé à Clésinger, pour la décoration de l'Ecole militaire, les quatre statues équestres de Marceau, Hoche, Kléber et Carnot. La mort l'a surpris avant l'achèvement de la quatrième de ces statues.

Clésinger était un artiste original, ardent et spontané. Alexandre Dumas dit de lui: « Il est de la vraie race des artistes, des laboureurs de l'esprit, s'attelant à l'œuvre tant que le soleil brille, ne le quittant que lorsqu'il disparaît, y revenant quand il se lève ». Il aimait le marbre, et le connaissait; il n'était pas de ceux qui se désintéressent d'une figure quand elle est aux mains du praticien, et ne dédaignait pas de manier lui-même le ciseau: de là cette marque personnelle qui frémit à l'épiderme de plusieurs de ses œuvres. Les grands effets le tentaient: pour y arriver, la polychromie même ne l'effrayait pas. Il cherchait les profils inconnus, les lignes heureuses, toujours curieux du nouveau, ennemi du banal et même des

types consacrés, gracieux presque toujours, on lui a reproché d'être inégal; qui donc ne l'est pas? Et combien ils sont peu nombreux ceux qui possèdent, comme il l'avait, le sentiment décoratif?

* **CLÉTIER.** *T. de mét.* Ouvrier qui fait des clefs d'instruments de musique à vent.

* **CLIBANE.** *T. techn.* Petit four portatif de fer, de cuivre ou de terre, dont on se sert dans les opérations chimiques.

I. **CLICHAGE.** *T. techn.* Opération qui consiste à prendre l'empreinte des caractères typographiques d'une page, après sa correction parfaite, et à la couler en une seule planche ou *cliché*. Ce procédé permet d'économiser le caractère pour un ouvrage de longue haleine, puisqu'il suffit de ne composer en caractères mobiles qu'un certain nombre de *feuilles*, que l'on *cliche* ensuite pour en opérer le tirage, et avec le caractère desquelles on continue la composition des feuilles successives de l'ouvrage jusqu'à son complet achèvement. C'est ainsi que notre *Dictionnaire*, qui exige une quantité considérable de caractères, est cliché par volume, afin de permettre un nouveau tirage lorsque les dix mille exemplaires tirés sur le caractère mobile seront épuisés.

Si l'ouvrage a été composé entièrement et tiré en caractères mobiles, le *clichage* permet d'en conserver les formes et de rendre le caractère à l'imprimeur après que l'auteur a apporté à la première édition les modifications qu'il a jugées utiles. La prise de l'empreinte permet aussi à un éditeur de faire exécuter chez un imprimeur la composition d'un ouvrage dont il fera exécuter ultérieurement la fonte des clichés et le tirage sur papier où et quand il le jugera opportun.

Cette opération offre donc une grande économie dans l'impression des ouvrages classiques ou des ouvrages populaires à grand tirage, en évitant les frais d'une composition nouvelle pour les éditions successives. Ce procédé est indispensable pour l'impression des journaux sur les presses rotatives, parce qu'il a permis de rendre la *forme cylindrique* pour son impression avec le papier sans fin.

— Le clichage s'est appelé primitivement *stéréotypie* ou *polytypie*, et voici l'historique des divers procédés qui se sont succédé pour arriver jusqu'à ceux actuellement en usage. L'origine de la stéréotypie est obscure comme celle de la plupart des inventions. Lottin l'attribue à Valleyre, imprimeur célèbre, qui exerçait, vers la fin du XVII^e^ siècle et le commencement du XVIII^e^. Il se servait de planches en cuivre pour mettre en tête de ses livres d'Heures et sur lesquelles étaient stéréotypés les jours du mois, le propre des saints. M. Firmin Didot possédait dans sa collection l'une de ses planches contenant les mois de *mars* et d'*avril*, et MM. Mame avaient celles de *janvier* et de *février*, de *novembre* et de *décembre*.

Ces planches en cuivre avaient été fondues dans un moule d'argile dans lequel la composition en caractères typographiques avait été imprimée.

Vers l'an 1700, on imprimait en Saxe, dans la ville de Halle, des éditions de la Bible en plusieurs langues sortant de l'imprimerie de la maison des orphelins et dont les planches, en caractères mobiles, avaient été soudées par le pied pour être conservées entières sans détérioration et pour éviter la *mise en pâte*. Une lettre de S. et J. Luchtmans à M. Renouard, libraire à Paris, du 24 juin 1801, fournit sur ce procédé des détails précieux que Camus et Lambinet ont reproduits en entier dans leurs ouvrages sur la stéréotypie. William Ged, un écossais, fit d'autres tentatives et, de 1725 à 1739, il imprima des livres entiers sur des planches moulées d'une seule pièce pour chaque page. Ged était orfèvre à Edimbourg, il se transporta à Londres et contracta une association avec les frères Feuner, dont l'un était, pour l'exploitation de son idée, fondeur en caractères, l'autre libraire. Il procédait au moulage de ses caractères par une composition à base de plâtre. William Ged mourut, en 1749, après avoir été ruiné et laissant son invention à son fils James qui fit un *Salluste* en stéréotypie. Il laissa un mémoire sur l'invention paternelle destiné à appeler de nouveaux capitaux à son entreprise. Mais il ne paraît pas que son appel ait été entendu.

Vers la même époque, en 1740, un libraire-imprimeur d'Erfurt, nommé J.-Michel Funckter, publia en allemand une description de ses procédés. Il obtenait son moule avec une composition formée de plâtre, de brique et d'amiante, dans la proportion de deux parties et demie pour le plâtre, une partie pour la brique et une demi-partie pour l'amiante. On faisait une pâte liquide de ces substances que l'on versait par couches successives sur la forme de caractères mobiles après avoir eu soin de la graisser; puis on fondait dans ce moule extrêmement dur et résistant autant de planches qu'on en désirait. Son petit ouvrage est plutôt un traité du moulage qu'une méthode de stéréotypie proprement dite. Il y décrit le moulage au sable et le moulage à la sanguine qui se rapproche beaucoup de celui que les graveurs de médailles et de monnaies emploient lorsqu'ils veulent tirer des épreuves de leurs carrés.

Les procédés de Michel Funckter continuèrent longtemps à être en usage en Allemagne.

En 1780, un Ecossais, nommé André Foulis, stéréotypa un *Virgile*, probablement en s'inspirant du procédé de Ged. C'est à cette même époque qu'un nommé Hoffmann, de Strasbourg, obtint de véritables clichés montés sur bois et fondus dans un moule composé d'argile mêlée de plâtre et de blanc d'Espagne ou de craie de Champagne additionnée de gomme arabique et de fécule de pomme de terre. Il imprima par ce procédé plusieurs feuilles d'un *Journal encyclopédique* et les *Recherches historiques sur les Maures*, par Chenier père, qui ont paru en 1787.

MM. Bulliard, l'Héritier, Pierres, l'abbé Rochon. M. Carez, de Toul, imitèrent bientôt avec des variantes les procédés d'Hoffmann. Didot lui-même emprunta à ce dernier quelques détails de sa manière d'opérer, mais toutes ces tentatives n'amenèrent pas de résultats pratiques. Une prévention excessive de la part des bibliophiles, s'attachait à tout ouvrage stéréotypé. Prévention qui existe encore de nos jours et qui est un peu justifiée, La stéréotypie est bonne surtout pour les grands ouvrages populaires et d'instruction mais l'on doit reconnaître qu'un bon clichage peut satisfaire l'œil difficile d'un amateur.

En 1792, Hoffmann, esprit chercheur, inventait les logotypes et se servait de trois cent soixante-dix types ou poinçons reproduisant les syllabes les plus en usage dans la langue française, qu'il enfonçait dans sa pâte argileuse et composait des planches qu'il clichait ensuite en se passant ainsi du concours de l'imprimeur. Les corrections ne pouvaient s'effectuer qu'avec d'extrêmes difficultés. En 1776, on s'était déjà servi des logotypes dans la fonte des caractères, à l'imprimerie royale, et on les avait abandonnés, et en 1778, Henri Johnston s'en était aussi servi sans succès en Angleterre. Hoffmann céda son brevet à Jean-Daniel Salkmann en 1792. De 1789 à 1792, M. Gengembre, ingénieur-mécanicien de la Monnaie, aidé de M. Herhan, son beau-frère et de MM. Gatteaux et Didot, graveurs, entreprirent le *clichage* des assignats. C'est de

ce moment que date ce mot qui caractérisait comme on va le voir, une méthode d'opération toute nouvelle.

« Le mot *clicher*, nous apprend Lambinet, signifie faire tomber perpendiculairement, subitement et avec force une matrice sur du métal en fusion pour retirer l'empreinte de cette matrice. »

Ce procédé était celui de Carez, de Toul, mais exécuté avec des machines perfectionnées.

Les tâtonnements furent longs et nombreux; ils aboutirent à la gravure des poinçons composant les diverses pièces des assignats; ces poinçons réunis entre eux furent imprimés en creux dans un métal qui servait lui-même de matrice pour l'exécution des *clichés* en relief, à l'aide d'une machine qui fut exécutée par Grassal, à qui l'on doit aussi l'idée de la réunion des parties de l'assignat en une seule matrice.

La machine consistait en une table munie de deux montants le long desquels glissait une pièce transversale au centre de laquelle était fixée une boîte qui renfermait la matrice. Cette pièce ou *mouton* était mue au moyen d'un cric et d'une manivelle. On posait sur la table un auget de papier fort dans lequel on versait presque refroidi le métal allié. On laissait choir le mouton qui dans sa chute fermait deux portes en tôle, destinées à garantir l'opérateur des éclaboussures produites par le métal rejeté hors de l'auget de papier. On obtenait alors une planche ou *format* que nous appelons encore *polytypage*.

Le polytypage est un cliché qu'on obtient d'une gravure sur bois ou sur cuivre et dont on fait plusieurs empreintes ou *clichés* et qui servent d'ornement typographique. C'est ordinairement un sujet banal qui s'applique à tous usages, tels que des attributs de la musique, de la peinture ou des diverses sciences ou arts et qui ornent la couverture des livres ou autres impressions typographiques. Les carnets spécimens des fondeurs en caractères sont toujours terminés par une série de ces illustrations-omnibus qui y figurent sous le titre de *polytypages*.

MM. Firmin Didot et Héran, qui avaient aidé à l'enfantement des clichés des assignats, comprirent qu'une partie de ces procédés pouvait être utilisée pour arriver à la mise en œuvre d'un moyen de stéréotypie, qui permettrait d'imprimer des ouvrages de librairie d'une édition moins coûteuse que les éditions mobiles. Ils se mirent donc à l'œuvre chacun de leur côté, et voici les procédés qu'ils enfantèrent et que nous décrit très clairement M. Henry Fournier dans son *Traité de la typographie*.

« Suivant le procédé, dont M. Firmin Didot est l'inventeur, la page est composée en caractères plus bas que ne le sont les caractères ordinaires et fondus avec un alliage particulier et plus dur que les autres. Lorsque la page est corrigée, on la renferme dans un mandrin et on l'enfonce à l'aide d'un balancier dans une plaque de plomb fondue sur des dimensions et dressée avec soin. Cette opération donne pour premier produit une matrice où la lettre est en creux. Cette matrice est placée dans un mandrin et abattue au moyen d'un mouton sur de la matière en fusion, elle produit un cliché saillant que l'on détache avant que la matière ne soit complètement refroidie. Ce cliché doit être ébarbé sur les bords et taillé en biseau, dressé en dessous et creusé dans les parties qui figurent les cadrats de la page mobile. »

« Le procédé de M. Herhan consiste à enfoncer le poinçon d'acier dans des pièces mobiles en cuivre. Ces caractères étant frappés en creux au lieu d'être fondus en relief, la page composée sert de matrice et la plaque de métal typographique placée sous le balancier est celle qui sert au tirage et devient un cliché. » MM. Mame frères étant devenus les successeurs de M. Herhan continuèrent avec succès le procédé de leur auteur.

Les procédés actuels de clichage sont tout différents et s'obtiennent par des moyens d'une très grande simplicité. Voici en quoi ils consistent. L'opérateur commence par préparer un *flan* qui n'est autre qu'une superposition de feuilles de papier très mince et d'une pâte très égale, sorte de *papier pelure*, entre lesquelles on interpose une couche mince d'une bouillie épaisse, faite avec du blanc d'Espagne bien pulvérisé et tamisé, délayée avec de la colle de pâte et additionnée d'un peu de colle forte. Cinq ou six feuilles ainsi superposées forment donc le *flan* d'un cliché. On le pose sur la forme et à l'aide d'une brosse aux crins serrés on frappe également sur toutes les parties de la surface du flan, de façon à les bien enfoncer dans l'œil de la lettre dont elles doivent prendre exactement l'*empreinte*. La pratique indique si l'on doit ajouter de nouvelles couches de pâte et de papier pour terminer l'opération. Mais toujours en dernier lieu l'on doit ajouter une couche de bouillie et recouvrir le tout d'une feuille de papier plus fort. On se sert d'un pinceau dit *queue de morue* pour étaler la pâte ou bouillie qui sert à confectionner le *flan* du *cliché*.

L'opération terminée, on porte la forme et son flan sur l'un des plateaux en fer d'une presse que l'on chauffe en dessous et dont on maintient l'autre plateau pressé sur le flan et sur la forme jusqu'à ce que le flan ait bien pris consistance et soit entièrement séché. On enlève alors le flan que la chaleur a fait durcir comme une pierre et on le place dans le moule, en coulant le métal en fusion qui doit prendre l'empreinte des creux du moule ou flan. Ce dernier peut supporter aisément la fonte de plusieurs clichés et résiste parfaitement à la chaleur du métal qui doit être employé à un certain degré qu'indique également la pratique.

Le clichage au plâtre, beaucoup plus fin, est toujours en usage, surtout s'il s'agit du clichage de petits caractères ou d'une planche contenant des ornements ou des figures. Mais l'on conçoit aisément que le clichage au flan se prête admirablement au clichage cylindrique des formes qui doivent recouvrir les cylindres d'une machine rotative et qui rendent de si admirables services dans l'impression rapide des journaux quotidiens. C'est un nommé Genoud, ouvrier compositeur chez M. Pelagaud, à Lyon, qui inventa ce procédé en 1829. Il prit un brevet en cette même année et mourut jeune en 1835.

Les Anglais ont depuis peu perfectionné le clichage au flan, en substituant à la pâte, à la colle et au blanc d'Espagne, une pâte composée de gomme et autres substances gélatineuses à l'état mi-partie solide et liquide, préparée à l'avance et se conservant presqu'indéfiniment. Cette préparation a, sur la pâte française, l'avantage de faire gagner un temps précieux dans les ateliers où, n'ayant pas des clichés à faire tous les jours, on ne peut préparer la pâte à la colle et au blanc d'Espagne qu'au dernier moment, puisque cette pâte ne se conserve pas longtemps.

Les découvertes et les applications de l'électricité permirent bientôt d'appliquer au moulage des formes typographiques les procédés du galvanisme, c'est alors que parut le clichage élec-

trique, connu sous les noms de *galvanoplastie typographique*, ou *électrotypie*. Dans ce procédé le *cliché* prend le nom de *galvano*. C'est, croyons-nous, M. Michel, père, ouvrier stéréotypeur, qui eut le premier l'idée d'appliquer à la typographie les procédés du galvanisme. D'autres attribuent cet honneur à Coblenz qui avait, en effet, l'un des premiers, fait usage de ce procédé, mais pour la fabrication des boutons métalliques et qui devint, plus tard, électrotypeur.

On emploie plus spécialement la galvanoplastie pour le clichage des bois, servant à l'illustration des livres. Cependant, lorsque le tirage d'un ouvrage est considérable, on fait les clichés des pages par ce procédé ou bien lorsqu'on désire obtenir un beau tirage.

Le procédé consiste dans les préparations suivantes :

1° Moulage de la page typographique ou du bois gravé, au moyen de la cire ou de la gutta-percha. Pour cela on remplit un cadre à fond métallique d'une couche de cire que l'on y répand à l'état liquide et qu'on laisse refroidir pour obtenir une surface bien plane. On y introduit par la pression la surface de la planche ou de la gravure, préalablement frottée à la plombagine, réduite à l'état de poussière impalpable. Si l'on emploie la gutta-percha, on met cette substance dans le cadre, après l'avoir ramollie à l'eau chaude ou à l'étuve.

2° Le *bain galvanique* est une cuve remplie d'eau, additionnée de sels de cuivre en dissolution et pourvue d'un appareil qui établit le courant électrique. On y plonge le moule en cire ou en gutta-percha et le métal adhère à ce moule, en en remplissant toutes les anfractuosités.

3° La plaque qui sort du moule prend le nom de *coquille* ; elle est étamée à l'intérieur, c'est-à-dire du côté opposé à celui qui est soumis à la pression de la presse ou de la machine typographique.

4° La coquille est ensuite doublée, c'est-à-dire remplie de métal typographique à une certaine épaisseur, après avoir été dressée et placée dans un moule, puis dressée au tour et fixée sur bloc en bois, s'il s'agit de gravures ou sur blocs mobiles, s'il s'agit de pages d'impression. On monte aussi les *clichés galvaniques* de petite dimension sur bloc de métal sur lesquels ils sont soudés et offrent ainsi un usage plus résistant.

On a fait essai, dans ces derniers temps, du *celluloïd* (V. ce mot), substance plastique qui donne à l'impression les meilleurs résultats, mais qui présente certains dangers d'inflammabilité. Mais le dernier mot n'est pas dit sur ce procédé, de même que sur différentes matières plastiques à l'essai qui pourront ajouter au clichage typographique des engins utiles et d'une mise en train plus aisée que les surfaces métalliques. — ALB. A.

Bibliographie : Histoire et procédés du polytypage et de la stéréotypie, par A.-G. CAMUS, Paris, an X, Baudouin ; *Essais sur l'origine de la gravure*, etc., JANSEN, t. II, p. 299 et suivantes, Paris, 1800, F. Schœll ; *Origine de l'imprimerie*, etc., P. LAMBINET, t. II, p. 333 et suivantes, Paris, 1810, H. Nicolle ; *Traité de la typographie*, de Henri FOURNIER, p. 294 et suivantes, Paris, 1825 ; *Nouveau manuel de typographie*, par A. FREY, article *Stéréotypie*, Paris, 1835 ; *Encyclopédie* RORET, article *Stéréotypie*.

II. * **CLICHAGE**. *T. d'impr. s. ét.* Ensemble des opérations au moyen desquelles on produit des clichés servant dans l'impression des tissus. La gravure par clichés n'est usitée que pour l'impression à la main et l'impression à la perrotine. — V. CLICHÉ, § II.

III. **CLICHAGE**. *T. d'exploit. de min.* Appareil qui maintient les cages en place, pendant la manœuvre du changement de berlines ; il est établi à l'orifice du puits, et se compose de plusieurs organes qui viennent se placer sous la cage, pour empêcher sa chute dans le cas d'une rupture du câble de suspension.

I. **CLICHÉ**. *T. techn.* Matrice, planche ou format, gravure que l'on obtient par le *clichage* (V. ce mot), soit à l'aide du moulage au moyen de diverses matières plastiques, soit par les procédés de la galvanoplastie ; on dit quelquefois dans ce dernier cas un *galvano* ; dans la photographie, c'est l'épreuve négative avec laquelle on peut tirer un grand nombre d'exemplaires positifs. || Chez les graveurs en médailles, empreinte prise dans l'étain en fusion pour juger du degré d'avancement du travail.

Cliché phonographique. On sait que le phonographe a pour principe de recevoir les vibrations de la membrane du téléphone, qui met en mouvement une aiguille, laquelle imprime ces vibrations sur une mince feuille d'étain comme celle qui enveloppe le chocolat. La feuille est tendue, soit sur un cylindre portant une rainure en forme de pas de vis, soit sur une plaque métallique ayant une rainure en spirale, laquelle tourne par un mouvement d'horlogerie pendant l'action du téléphone ; alors la feuille d'étain reçoit des traits, des points plus ou moins profonds et de différentes formes ; mais en faisant passer plusieurs fois la feuille d'étain portant l'impression du phonographe à disque, on ne peut pas répéter le discours souvent sans mettre cette feuille hors de service.

Un chimiste, M. Olivier-Mathey a obtenu, par la galvanoplastie, une épreuve de cuivre de la feuille de zinc. Par ce moyen, dit le *Monde de la science et de l'industrie*, il a un cliché parfait aussi solide et résistant qu'une gravure sur cuivre et avec lequel on peut tirer un grand nombre d'épreuves comme en photographie.

Ainsi, la musique vocale ou instrumentale reproduite par la galvanoplastie peut être chantée, jouée, conservée aussi souvent que l'on voudra sans altération ; être reproduite avec amplification, au moyen de microphone et entendue par une réunion d'un grand nombre de personnes. On vendra les discours comme les photographies, et à l'avenir on vendra aussi un chant quelconque, dans les magasins, comme on vend une photographie. Au moyen d'un petit appareil peu coûteux, chacun pourra entendre une cantatrice, un acteur, aussi

souvent qu'il le voudra, quelle que soit la distance qui les sépare.

II. * **CLICHÉ.** *T. d'impr. s. ét.* Le cliché pour impression sur étoffes se faisait d'abord au moyen d'un cachet de bois gravé à la main et en relief. On le moulait ensuite en plâtre, puis on fondait un alliage fusible dans ce moule qui donnait alors un *cliché*. Ce procédé délicat et dispendieux est abandonné depuis une trentaine d'années et a été remplacé par la *xylographie*.

Le dessin à reproduire (fig. 335), convenablement calqué sur papier végétal, est transporté par le met-

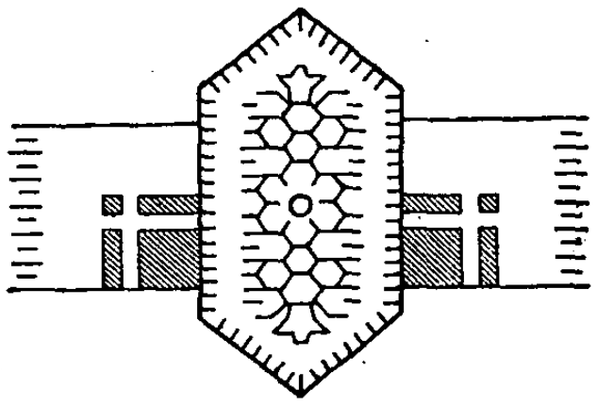


Fig. 335. — *Dessin à reproduire.*

teur sur bois, sur un bloc au moyen d'une pointe. Les traits à graver sont colorés en rouge pour être rendus plus visibles. Pour bien réussir, le graveur a soin de ne choisir que de l'excellent bois, soit de tilleul, soit de noyer bien sec et bien sain. Le bloc débité perpendiculairement à son axe est toujours scié dans le sens de la fibre. La section transversale obtenue bien aplanie, le metteur procède au transport du dessin. Celui-ci calqué (fig. 336), le bloc est muni à sa base de 4 vis disposées de façon à ce que la surface supérieure soit exactement

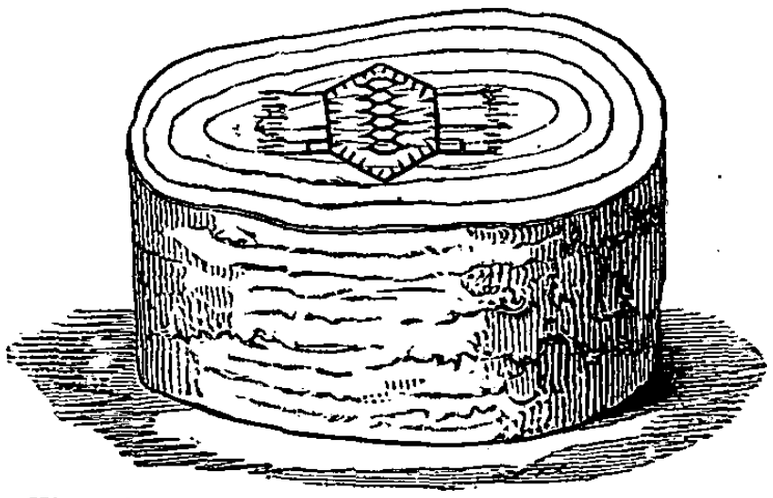


Fig. 336. — *Bloc de bois avec le dessin préparé pour être brûlé.*

parallèle à un plan correspondant au point d'appui des 4 vis. Cet agencement est destiné à faciliter le mouvement du bloc à graver sur la table de la machine à brûler dont nous allons parler.

La machine à brûler (fig. 337) se compose d'un support sur lequel est fixé une tige mobile garnie dans le bas d'une petite lame métallique. Au moyen d'une pédale, l'ouvrier brûleur peut faire monter ou descendre cette lame préalablement chauffée au rouge par un jet de gaz enflammé, elle peut être réglée de façon à n'aller qu'à une profondeur bien déterminée. L'ouvrier brûleur chauffe sa lame puis, en pressant la pédale, la fait pénétrer dans le bois et suivre les traces du dessin. Il forme ainsi une suite de creux dont l'en-

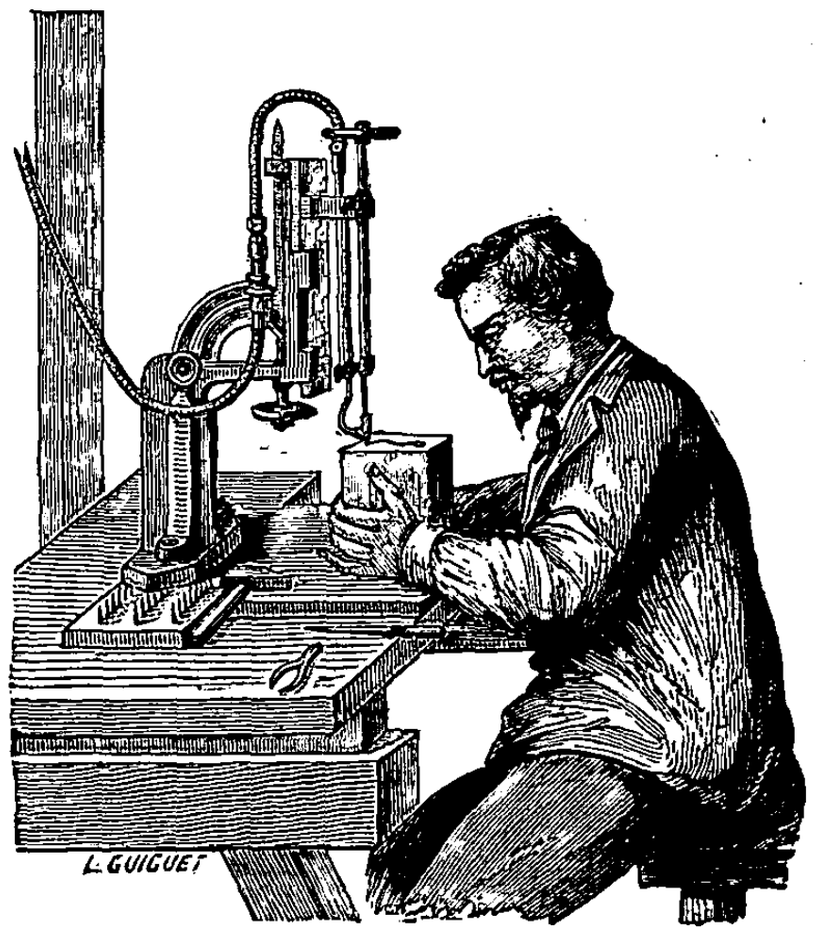


Fig. 337. — *Machine à brûler.*

semble reproduit le dessin. Il implante ensuite dans le bloc, autour du dessin et suivant une

Fig. 338. — *Dessus du bloc.*

dimension déterminée, une feuille de carton faisant saillie. Celle-ci sert à retenir l'excédent d'al-

Fig. 339. — *Dessous du bloc,*

liage que l'on va verser sur le bloc. A une hauteur déterminée et variant de 2 à 4 millimètres,

on pose à plat, sur le bloc, une plaque d'acier bien poli et graissé, puis on procède à la fonte du cliché. On introduit l'alliage bien liquide par un petit orifice ménagé sur le côté du carton, l'alliage remplit tous les intervalles et vient adhérer à la plaque d'acier. L'alliage refroidi, la plaque est enlevée et amène avec elle un lingot façonné, reproduisant le dessin, autrement dit, le cliché. On sépare ce dernier de la plaque au moyen d'une râcle que l'on fait passer entre les deux métaux. Quand on a un nombre suffisant de clichés, on les cloue sur une planche à laquelle on a donné la forme que demande soit la main soit la perrotine. On remplit la gravure de poussière de pierre ponce et on la polit avec une pierre de même espèce. Si les clichés présentent un peu de bavures, on les enlève au moyen de la pointe de graveur. Quand le dessin est très délicat, on coule de la colophane dans le cliché; puis celle-ci refroidie, on dresse la gravure au rabot, la planche aplanie on enlève la colophane au moyen de l'essence de térébenthine.

En mettant deux jets de gaz et deux lames métalliques opposées, on est parvenu à graver en même temps deux objets mais symétriques, tout en n'ayant dessiné qu'un côté du bloc, l'une des lames brûle le dessus, l'autre le dessous ; de cette façon, le dessin est reproduit symétriquement (*fig.* 338 *et* 339). *Voici la composition de divers alliages usités pour les clichés.* — J. D.

	D'après	Bismuth	Plomb	Etain	Antimoine
Cliché de gravure sur bois fusible à 92°. . .	Girardin.	5	3	1	»
Cliché pour perrotine, fusible à 122°	Homberg.	1	1	1	»
— — — —	?	10.5	32.5	48	9
— pour main et perrotine	J. Schlumberger.	»	10	40	1
— fusible à 150°.	—	8	16	24	»
— très fusible, très bon, mais relativement plus cher.	Persoz.	8	5	3	»

CLICHER. Mise en œuvre des diverses opérations qui devront produire un *cliché*. En propre cette action s'entend d'un procédé à l'aide duquel on obtient un relief au moyen d'une frappe subite dans une matrice en creux. *Stéréotyper* est le mot le plus exact pour qualifier les diverses opérations à l'aide desquelles on obtient une planche par le moulage de la forme.

* **CLICHERIE.** *T. de typogr.* Atelier de *clichage*. — V. ce mot.

CLICHEUR. *T. de typogr.* Celui qui cliche pour la typographie ou la gravure. || *T. d'exploit. des min.* Ouvrier attaché au clichage des puits.

* **CLICQUOT** (François-Henri). Facteur d'orgues, né à Paris en 1728, mort en 1791. On lui doit de grands perfectionnements dans la fabrication des orgues et notamment l'introduction du jeu de haut bois. Il a construit les orgues de Notre-Dame, de Saint-Merri, de Saint-Sulpice, de la Sainte-Chapelle, etc.

* **CLINOMÈTRE.** Nom donné aux instruments destinés à mesurer l'inclinaison d'une droite ou d'un plan par rapport à un plan horizontal ; on les emploie dans la marine pour mesurer l'inclinaison de la quille d'un navire, dans le sens de la longueur, par rapport au plan d'eau. || On donne aussi ce nom à un instrument servant à déterminer la puissance des couches minérales.

CLINQUANT. Petite lame de métal d'or ou d'argent et plutôt de cuivre doré ou argenté, que l'on mêle à certains ornements pour leur donner de l'éclat.

* **CLIO.** *Myth.* La première des neuf muses et la déesse de l'Histoire. On la représente sous les traits d'une jeune fille couronnée de lauriers, tenant de la main droite une trompette et de la gauche un rouleau ou un livre qui a pour titre *Thucydide ;* quelquefois aussi elle tient une cithare, dont elle passe pour être l'inventrice.

* **CLIPPER.** *T. de mar.* Navire à voile, bon marcheur et de fort tonnage, qui fait des voyages transatlantiques et, par extension, canot de plaisance ou de course de formes effilées. — V. Navire a voiles.

CLIQUART. *T. de minér.* Sorte de pierre à bâtir qui produit, sous le marteau, un son métallique; cette variété de calcaire, très estimée, est rare aujourd'hui.

CLIQUET. Le cliquet est un instrument qui permet de suppléer dans plusieurs circonstances à d'autres outils que l'on ne pourrait manœuvrer par suite de dispositions particulières. Ainsi lorsqu'on veut serrer un écrou, ou percer un trou avec un foret, si l'emplacement de l'écrou ou du foret se trouve dans une partie rentrante, il est quelquefois impossible de pouvoir faire exécuter à la clef ou au porte-foret une rotation entière, et le mouvement continu d'avancement de ces pièces ne peut être obtenu que par une série de déplacements angulaires de l'outil qui les conduit. C'est à cet usage qu'est destiné le cliquet. Cet outil se compose d'une petite roue à rochet placée entre les branches d'un levier, ou insérée, au moyen d'une douille qu'elle porte sur une de ses faces, dans un trou rond percé à l'extrémité de ce levier, et assujettie en rivant, sur la portion de cette douille qui dépasse, une virole qui y entre à frottement juste. Le cliquet fonctionne sur un clou fixé au levier et maintenu par un ressort de pression. On comprend aisément que le mouvement du levier dans un sens est accompagné de celui de la roue à rochet, qui reste au contraire immobile quand on ramène le levier dans l'autre sens.

Pour pouvoir opérer sur divers écrous, la roue à rochet est percée au centre d'un trou correspon-

dant aux plus gros des boulons à serrer ; et pour agir sur de plus petits, on introduit dans cet œil des pièces évidées sur de plus petits calibres correspondants à ceux des autres écrous.

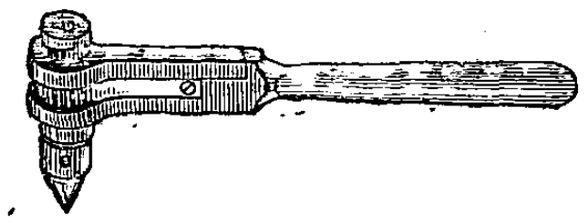


Fig. 340.

Le même outil sert encore de porte-foret (fig. 340) dont le maniement s'opère par les mêmes manœuvres.

Des dispositions particulières dans la tête du cliquet permettent de manier des forets dans toutes les inclinaisons possibles par rapport au levier de l'outil.

Cliquet. *T. de mécan.* Appareil disposé de manière à permettre à une roue ou à un arbre de ne tourner que dans un sens. || *T. techn.* Chez les orfèvres, partie supérieure de la brisure qui entre dans la charnière et en sort. || *T. de cost. Cliquet-fermoir,* système d'agrafe.

* **CLISSAGE.** Opération qui consiste à clisser un membre fracturé, une bouteille, etc.

CLISSE. Petite lame de bois ou de carton qu'on emploie pour maintenir les os fracturés, après qu'ils ont été remis. Dans ce sens, on dit ordinairement *éclisse.* || Petite claie dont on se sert pour l'égouttage des fromages. || Enveloppe d'osier dont on revêtit certaines bouteilles pour les empêcher de se casser.

* **CLISSER.** Garnir, envelopper de clisses.

* **CLITOGRAPHE.** Instrument qui sert à déterner la pente des terrains et les distances entre les points nivelés. Les divisions d'un cercle indiquent sans calcul la pente de la ligne de base de l'instrument avec l'horizontale.

CLIVAGE. *T. de minér. et de joaill.* Nom donné à l'opération qui consiste à fendre certains cristaux dans des directions particulières, suivant des faces planes et brillantes. Ce mot se dit aussi de la propriété même que possèdent les cristaux de pouvoir être fendus dans une ou plusieurs directions ; c'est en ce sens qu'on dit d'un cristal qu'il a un ou plusieurs clivages. Le clivage d'un même cristal se fait toujours suivant des faces parallèles entre elles, ou conservant entre elles un angle constant ; par exemple, pour le spath d'Islande, cet angle est de 105°,5'.

Il y a des cristaux, comme le spath, qui sont de très facile clivage dans trois sens différents, et les fragments qu'on obtient en brisant un de ces cristaux ont toujours la forme de rhomboèdres ; d'autres, comme le gypse ou sulfate de chaux, sont très facilement clivables dans un sens et peuvent ainsi être divisés en feuillets d'une extrême minceur (de centièmes de millimètre), au moyen d'un scalpel.

Quelques cristaux, comme le mica et le talc, ne sont clivables qu'en une seule direction, mais en feuilles très minces et de grandes surfaces. (Le mica, en Russie, remplace le verre à vitres dans les chaumières.)

Enfin, il est des minéraux qui ne sont que difficilement clivables. Pour ceux-ci on emploie le procédé suivant. On serre le cristal dans un étau, entre des lames de plomb, en ne laissant libre que la partie (ordinairement défectueuse ou irrégulière) qu'on veut enlever. On essaie d'en détacher un fragment, en dirigeant le choc d'une lame d'acier en différents sens ; c'est le procédé usité pour les pierres précieuses. Le diamant, qui doit principalement son prix au travail de l'homme, peut être clivé en trois sens différents, mais avec une égale difficulté. Les anciens n'ont point connu l'art de cliver et de polir les diamants ; ils les portaient dans leur état brut, en disposant leurs pointes en saillie. — V. DIAMANT.

Quand le cristal n'est pas clivable par les procédés ordinaires, on emploie la trempe (opération qui consiste à chauffer le minéral et à le plonger subitement dans l'eau froide) ; il manifeste alors des *indices* de clivage, soit par un commencement de séparation, soit par des irisations que l'on voit se produire à l'intérieur du cristal. C'est d'après ces indications qu'on peut diriger sûrement l'outil à cliver.

Le choc du marteau *étonne* souvent les cristaux très difficiles à cliver ; c'est-à-dire qu'ils laissent voir alors des indices de clivages. Le clivage a une assez grande importance en minéralogie : certains cristaux qui se ressemblent beaucoup ne peuvent souvent être distingués les uns des autres que par des différences de clivage. Les minéraux schisteux, comme l'ardoise, se clivent assez facilement dans un sens ; on dit qu'ils sont plus ou moins *fissiles.* — C. D.

CLIVER. *T. techn.* Produire le clivage.

CLIVEUR. *T. de mét.* Ouvrier qui exécute le clivage.

I. **CLOCHE.** Instrument de bronze ou d'un autre métal, en forme de coupe renversée, qui produit des sons retentissants, soit à l'aide d'un battant de fer, suspendu dans l'intérieur, soit au moyen d'un marteau, placé extérieurement. On distingue dans une cloche diverses parties : le *cerveau,* calotte supérieure qui porte intérieurement un anneau auquel est suspendu le *battant* en fer forgé, terminé par un appendice destiné à lui donner de la volée ; la *patte,* bord inférieur et terminée en angle aigu, la *panse* ou gros bord, partie épaisse contre laquelle frappe le battant ; les *faussures,* partie moyenne de la cloche suspendue au *mouton* par des *anses* ou bras supérieurs de même matière que la cloche et fondue avec elle.

— Les cloches étaient connues dès la plus haute antiquité, mais on ne sait à quel peuple il faut en attribuer l'invention ; sont-ce les Chinois, les Hébreux, où, comme le croit le P. Kircher, les Egyptiens? Quoi qu'il en soit, sur plusieurs bas-reliefs antiques, on voit au bas des tuniques de bacchantes, des clochettes dont le son argentin se mêlait, pendant les bacchanales, à l'éclat des instruments.

Selon Théocrite, on se servait de clochettes dans les sacrifices d'expiation et la célébration des mystères; Juvénal, Pline et d'autres auteurs nous apprennent qu'il y avait des instruments de métal en forme de clochettes (*tintinnabula*) pour annoncer l'ouverture des bains et des marchés. Mais l'usage des cloches dans les églises pour appeler les fidèles aux offices, bien que connu déjà sous Constantin, ne se répandit qu'au v^e^ siècle; on attribue généralement à saint Paulin, évêque de Nole, en Campanie (420), l'invention des cloches proprement dites en métal fondu; on leur donna longtemps le nom de *nolœ* ou de *campanœ*, soit à cause de leur pays d'origine, soit à cause de l'airain célèbre de Campanie. Elles s'introduisirent ensuite en Occident et c'est sous le nom de *cloca*, cloche, qu'on les voit figurer dans les capitulaires de Charlemagne. Dans le patois bourguignon, on dit encore *cloquemann* pour sonneur de cloches.

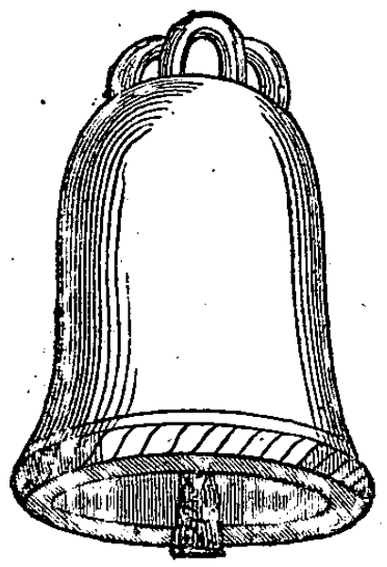


Fig. 341.
Tintinnabulum, IX^e^ siècle.

En principe, la cloche était agitée par un moine ou un clerc qui se tenait devant la porte de l'église, ou sur une plate-forme élevée. Ce *tintinnabulum* (fig. 341) passa aux mains des sonneurs de confréries et des crieurs publics. Lorsque les églises reçurent des *campaniles* ou clochers, on y suspendit les cloches de proportions plus grandes que les cloches portatives; on en fit alors avec des lames de fer battu superposées et jointes par des clous rivés, comme le montre le *saufang* de Cologne, représenté par notre figure 342. Puis par un accroissement successif de volume on parvint à fondre de grosses cloches dont le son, s'étendant au loin, exerça sur l'esprit du peuple une influence mystérieuse; on leur attribuait des effets merveilleux : la fuite du démon, l'éloignement de la peste, la délivrance des femmes en couches et autres superstitions qui ont laissé d'assez profondes racines dans les campagnes, pour que de nos jours, les paysans, pendant l'orage, fassent sonner à toute volée afin de détourner la foudre qu'ils attirent au contraire sur leur tête. On a calculé que dans un espace de 33 ans, le tonnerre est tombé sur 386 clochers où l'on sonnait, et qu'il a tué 121 sonneurs.

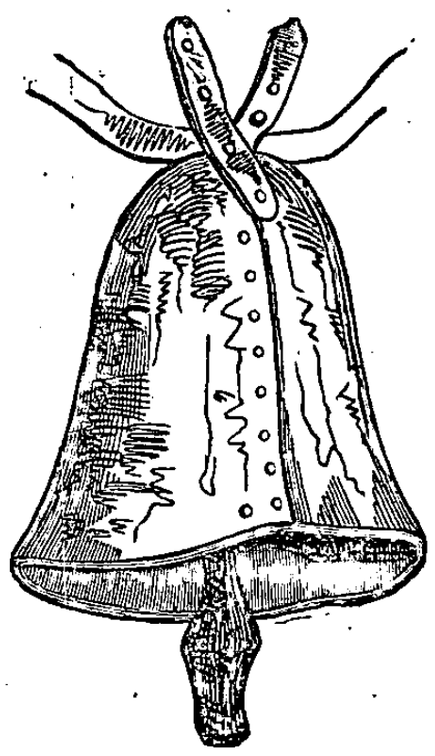


Fig. 342.
Cloche du VI^e^ siècle.

Les premières cloches furent d'un faible poids relativement aux modernes, mais leurs dimensions s'accrurent selon la libéralité des grands; la plus grosse que l'on puisse citer fut celle donnée au vi^e^ siècle, par le roi Robert à l'église Saint-Aignan d'Orléans; elle pesait 2,600 livres. Du viii^e^ au xiii^e^ siècle, l'art du fondeur se perfectionna, on vit alors un grand nombre de cloches en cuivre et même en argent de formes variées : celle que possède le clocher du Dôme, à Sienne, a la forme d'un tonneau et rend un son très aigu : elle a 1 mètre de hauteur et porte la date de 1159 (fig. 343). Viollet-le-Duc cite une cloche de 1273 qu'il a vue dans la tour de l'église abbatiale de Moissac et qui était « fort belle; d'une fonte admirable, non retouchée au burin et d'un son plein. »

Au xv^e^ siècle appartient la fonte des cloches énormes auxquelles le son grave et puissant a fait donner le nom de *bourdon;* le premier qu'on entendit à Paris fut celui de Notre-Dame, fondu en 1400. Il se nommait *Jacqueline* et pesait 15,000 livres. En 1472, on en vit un autre du poids de 25,000 livres. Le cardinal d'Amboise fit don à Notre-Dame de Rouen d'un bourdon pesant 36,364 livres et qui reçut le nom de *Georges d'Amboise*. Celui que la cathédrale de Reims a conservé a été fondu en 1570 et pèse 23,000 livres. Nous devons ajouter que, d'après Viollet-le-Duc, on a beaucoup exagéré le poids des bourdons, ainsi celui que possède Notre-Dame de Paris, fondu, croyons-nous, en 1686, auquel on donne un poids de 32,000 livres, ne pèse réellement que 13,000 kilogrammes, ce qui est déjà respectable. Il est suspendu par un système ingénieux qui permet de le mettre instantanément en mouvement, cependant quatre hommes très forts sont nécessaires pour le lancer à toute volée et une fois en branle il faut plus d'une minute pour obtenir les premiers sons. Notre dessinateur, M. Guiguet, a gravi les diverses échelles qui conduisent au bourdon pour en prendre le dessin très exact que nous donnons (fig. 344). Par la position des sonneurs, le lecteur peut se rendre compte du système de mise en branle, basé sur des pédales qui viennent s'offrir au pied des hommes.

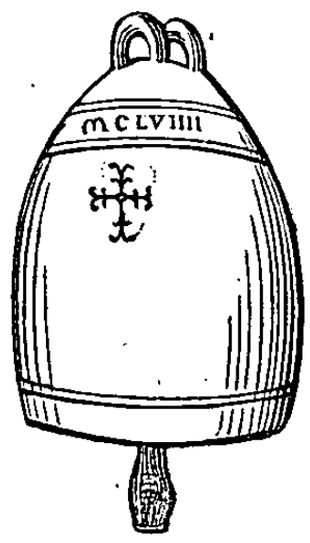


Fig. 343.
Cloche de Sienne, XII^e^ siècle.

Près du bourdon suspendu dans la tour de gauche, se trouve la cloche rapportée de Sébastopol lors de la guerre de Crimée; la tour de droite possède quatre autres cloches dont la plus grosse, donnée par l'empereur Napoléon III, lors du baptême du Prince Impérial, pèse 2,000 kilogrammes.

Parmi les grosses cloches célèbres, on doit citer celle de Moscou, pesant 66,000 kilogrammes; elle mesure 6 mètres de diamètre et environ 7 mètres de hauteur. Elle fut fondue en 1819 en présence du clergé, et pendant l'opération les habitants, mus par un sentiment de dévotion, jetèrent dans le métal en fusion leurs vaisselles, leurs bijoux et leur argent. Elle est encore un objet de vénération ponr le peuple, qui se signe lorsqu'aux jours de fête elle enveloppe la cité sainte de ses sons graves et majestueux.

De tout temps, et surtout au moyen âge, les cloches ont joué un rôle dans notre histoire; joyeuses et vives, elles ont célébré les fêtes civiles et religieuses, mais dans les grandes agitations politiques, dans les guerres civiles, elles ont aussi, lentes et lugubres, sonné le glas de mort.

On se rappelle que c'est au premier coup de cloche des vêpres de Palerme que, le lundi de Pâques 1282, commença le massacre des Français, massacre connu sous le nom de *Vêpres siciliennes*, et que dans la nuit du 24 août 1572, la cloche de Saint-Germain-l'Auxerrois donna le signal de la Saint-Barthélemy. On pense que c'est celle que possède la Comédie-Française. Beaucoup d'anciennes cloches portent des inscriptions; les vers

suivants expriment les attributs des cloches, rappelant à la fois des usages et des croyances:

« Laudo Deum verum, plebem voco, congrego clerum,
« Defunctos ploro, fugo fulmina, festa decoro. »
Je loue le vrai Dieu, j'appelle le peuple, je rassemble le clergé,
Je pleure les morts, je chasse la foudre, j'orne les fêtes.

Ce fut au XIVe siècle qu'on imagina de régler le son des cloches suivant les notes de la gamme. De là vinrent les *carillons* (V. ce mot) exécutés par des hommes qui, à l'aide des pieds, des poings et des dents, faisaient entendre des airs joyeux sur un mouvement rapide.

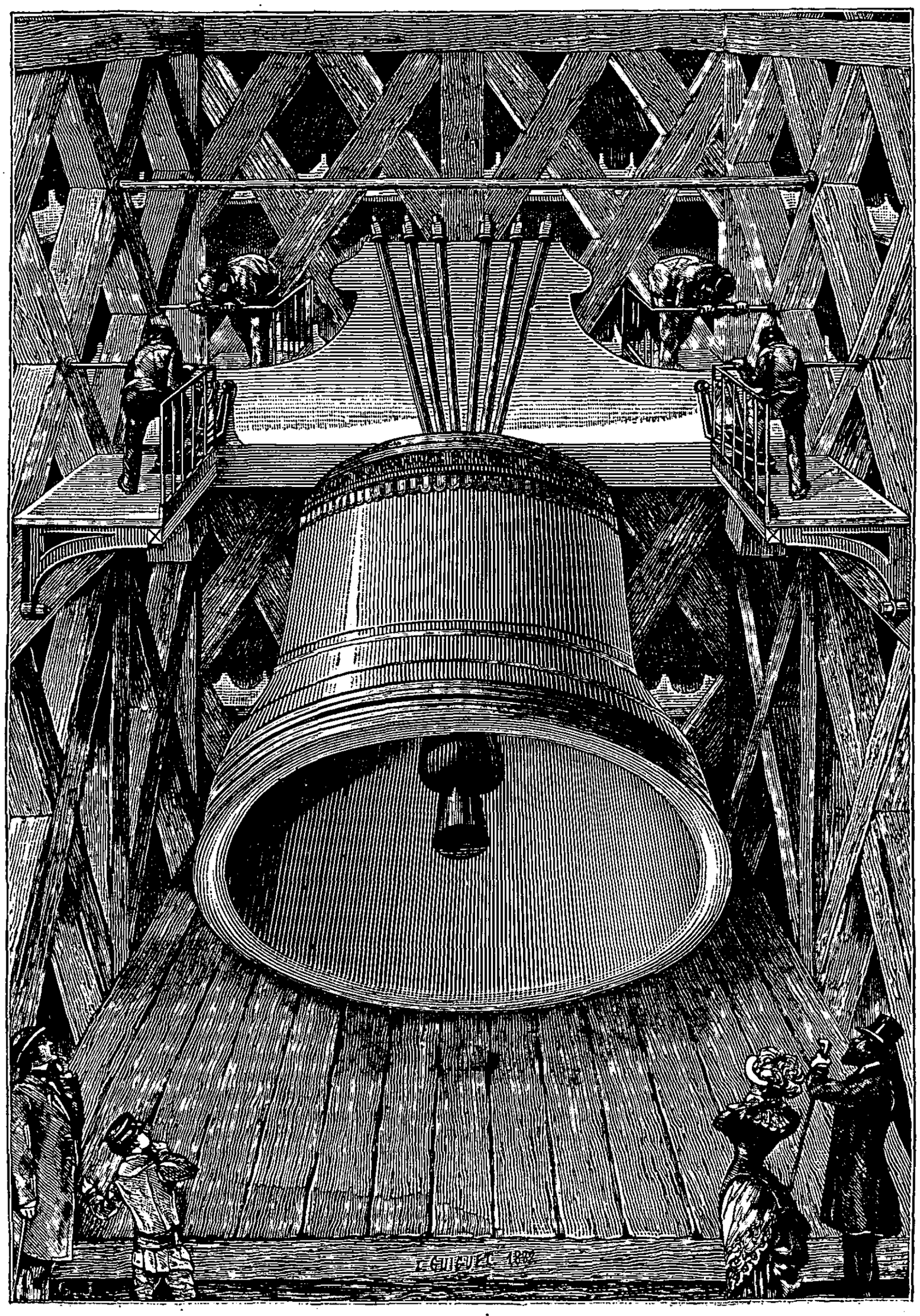


Fig. 344. — *Bourdon de Notre-Dame de Paris.*

La Révolution a fondu la plupart des belles cloches que possédait la France et les a transformées en monnaie; l'airain sonore, témoin majestueux des luttes de nos pères, a été changé en sous.

Cloches en bronze. *Composition.* Le métal des cloches est un alliage de cuivre et d'étain, où il entre souvent du zinc et du plomb. Le zinc, s'il est employé en proportion minime, n'altère en rien les qualités sonores de ce métal ; il rend l'alliage plus coulant, favorise la patine, et en abaisse le prix de revient. Quant au plomb, il doit être proscrit d'une façon absolue, sa présence ne pouvant être que nuisible.

On a beaucoup cherché à établir la composition de l'alliage la plus favorable à la qualité du son, sans qu'il y ait rien de bien déterminé à cet égard. Les analyses, faites sur d'anciennes cloches, n'ont donné que des résultats incertains, provenant des divers degrés d'impureté des métaux employés, et, d'autre part, comme la façon dont est conduite l'opération de la fonte, apporte des modifications dans la constitution même de l'alliage, il y a une part considérable dans l'habileté du fondeur qu'on ne saurait traduire par une formule. On a pu cependant, de toutes ces recherches, conclure quelle devait être la nature de l'alliage que doit présenter la cloche une fois achevée :

Cuivre	78
Etain	22

qui forme le métal de première qualité, et

Cuivre	78
Etain	10
Zinc	2

pour le métal de seconde qualité. — V. Bronze, § *Bronze des instruments sonores.*

On croit généralement que la présence des métaux précieux, l'argent et l'or, influent beaucoup sur la qualité sonore. Mais rien ne semble justifier cette opinion ; c'est ainsi que l'analyse faite sur la célèbre cloche dite d'argent, à Rouen, n'a révélé aucune trace de ce métal.

Tracé. Avant de s'occuper des opérations de la fonte, il faut déterminer la forme que présentera la cloche, ce qu'on appelle le *tracé*. Il faut, en effet, pour qu'une cloche soit sonore, donner à toutes ses parties certaines proportions, qui ont été léguées par la tradition, et consignées dans une formule dite *l'échelle Campanaire* ou *brochette*, que les fondeurs consultent toutes les fois qu'ils ont des cloches à fondre, tout en y apportant chacun pour leur compte, de légères modifications.

Dans le tracé des cloches, on part d'une unité fondamentale, comme en architecture on établit les proportions des ordres à l'aide du module. Cette unité, qu'on appelle le *bord*, est la plus forte épaisseur de la cloche.

La brochette permet de déterminer l'épaisseur du bord suivant le poids des cloches. M. Guettier, dans son ouvrage sur la fonderie, a dressé le tableau de la colonne suivante que nous lui empruntons ; c'est une traduction numérique de la brochette, donnant l'épaisseur du bord et le diamètre des cloches, depuis un poids de 3 kilogrammes jusqu'à 12,000 kilogrammes.

Nous citerons, parmi les nombreux tracés, celui dû à Roujoux, le plus ancien et le plus fréquemment employé. Dans cette méthode, le grand diamètre reçoit 15 bords, celui du cerveau 7 bords 1/2, la ligne qui joint l'arête inférieure de la cloche

Poids des cloches	Epaisseur du bord	Grand diamètre	Poids des cloches	Epaisseur du bord	Grand diamètre
kilogr.	mètres	mètres	kilogr.	mètres	mètres
3	0.008	0.120	750	0.074	1.110
4	0.011	0.165	1.000	0.081	1.215
5	0.013	0.185	1.250	0.087	1.305
6	0.015	0.225	1.500	0.093	1.395
10	0.019	0.285	1.750	0.098	1.470
15	0.021	0.315	2.000	0.103	1.545
20	0.022	0.330	2.250	0.108	1.620
25	0.023	0.345	2.500	0.110	1.710
30	0.025	0.375	2.750	0.114	1.755
35	0.027	0.405	3.000	0.117	1.810
40	0.028	0.420	3.500	0.123	1.845
45	0.029	0.435	4.000	0.128	1.920
50	0.030	0.450	4.500	0.134	2.010
75	0.034	0.510	5.000	0.137	2.055
100	0.037	0.555	5.500	0.141	2.115
125	0.040	0.600	6.000	0.146	2.190
150	0.043	0.645	6.500	0.150	2.250
175	0.045	0.675	7.000	0.154	2.310
200	0.047	0.705	7.500	0.158	2.370
250	0.050	0.750	8.000	0.160	2.400
300	0.055	0.825	8.500	0.164	2.460
350	0.058	0.870	9.000	0.168	2.520
400	0.060	0.900	9.500	0.170	2.550
450	0.063	0.945	10.000	0.173	2.550
500	0.065	0.975	11.000	0.181	2.715
600	0.068	1.020	12.000	0.190	2.850

à la naissance du cerveau 12 bords 1/2, enfin le plus grand rayon employé dans le tracé du profil, 32 bords.

La ligne DO (fig. 345), représentant le rayon de la cloche, on élève une perpendiculaire à son extrémité O, puis une parallèle à cette ligne distante de 3 bords 3/4. L'arc de cercle, décrit du point D avec 12 bords 1/2 de rayon, coupe cette parallèle en un point A, qui sera la naissance du cerveau. On divise cette ligne DA, en portant d'abord 1/6 de bord à partir du point D et numérotant les divisions en bords, 0, 1, 2, etc. Aux points numérotés 1 1/2, 5 1/2 et 6, on élève des perpendiculaires sur la ligne DA. Sur la première on porte une longueur de 1/6 de bord, ce qui détermine le point C. Des points C et n° 1, avec un rayon de 1 bord et 1/15 on détermine le point K. De même, sur la perpendiculaire élevée au point 5 1/2, on porte 1 bord 1/2, ce qui donne le point H qui sera la faussure. Diminuant cette ouverture de compas de 1/3 et 1/15, on détermine sur la perpendiculaire élevée au point n° 6, le point I. La possession des points A, I, H, C, K, permet de tracer la figure de la cloche.

Le vase inférieur est formé par un arc de cercle, de 32 bords de rayon passant par A et H, la courbe extérieure passant au point I, se trace avec le même rayon ; le centre, sur le rayon prolongé au point A de la courbe précédente. Le vase inférieur est formé par un arc de cercle, de 12 bords de rayon, passant par H et K ; la courbe extérieure est un autre arc de cercle, passant par I et C et de 7 bords 1/2 de rayon. Pour terminer le tracé, on joint les points C et n° 1 par un arc de cercle, centré en K, puis le point D aux points n° 1 et K, par des droites.

Comme vérification des opérations précédentes, on doit trouver comme épaisseur de la cloche, comptée sur les perpendiculaires à DA, tracées aux points, 3, 6, 11; respectivement 2/3, 1/3 et 1/15, 1/3 de bord.

Le cerveau se trace à l'aide d'un arc de cercle passant en A, de 7 bords 1/2 ou 8 bords de rayon centré sur l'axe de la cloche. La courbe extérieure est un arc concentrique au précédent.

L'onde reçoit généralement 1/15 de bord d'épaisseur.

Tonalité. Quant aux dimensions à donner aux cloches d'un même carillon, ou d'une même volée, on admet que le nombre des vibrations des cloches

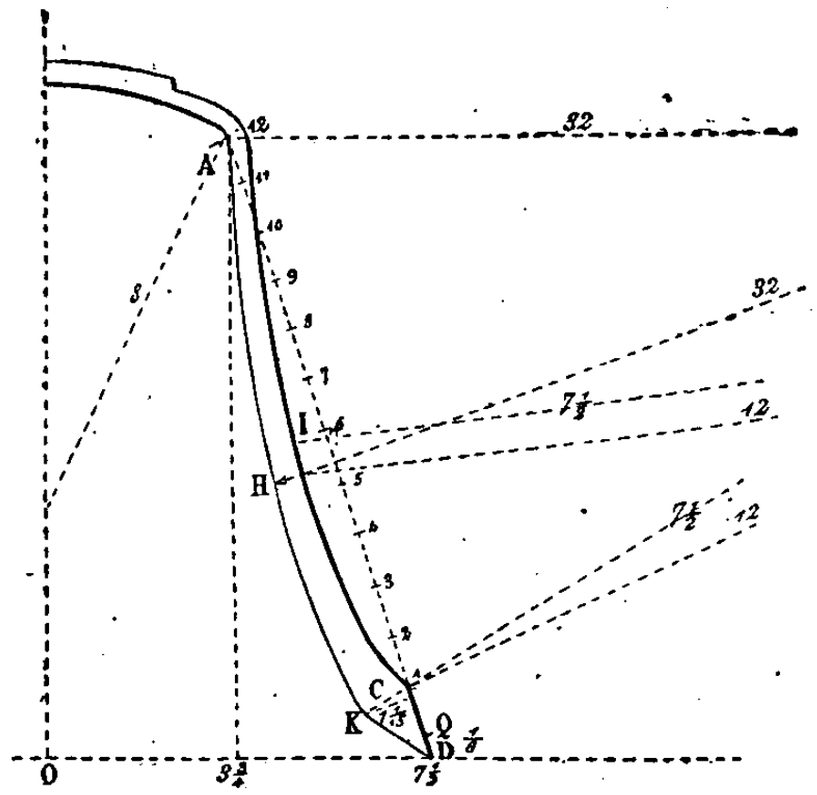


Fig. 345. — *Tracé de Roujoux.*

est en raison inverse des diamètres. Par conséquent, une série de cloches qui formeraient une octave complète, présenteraient des diamètres croissant dans les proportions suivantes :

ut	*ré*	*mi*	*fa*	*sol*	*la*	*si*	*ut*
1	8/9	4/5	3/4	2/3	3/5	8/15	1/2

Il en résulte que le son d'une cloche n'est pas un son simple ; mais bien un composé de tons différents, rendus par les diverses parties. On comprend la nécessité absolue pour le fondeur, quand il veut accorder un carillon, d'adopter une méthode invariable pour établir le tracé, en outre des soins à prendre dans l'uniformité de la composition de l'alliage, et du mode de la fonte.

Fonderie. La fonte des cloches est une des opérations générales de l'art de la fonderie, mais elle exige de la part de celui qui la conduit une longue expérience, unie à une grande sagacité.

Il y a d'abord lieu de distinguer entre les cloches ordinaires de petites dimensions, dont la surface extérieure n'offre aucun ornement particulier, et les grandes cloches spécialement établies pour les églises, toujours revêtues d'ornements plus ou moins riches. Les premières se fondent par les procédés déjà décrits à propos des *bronzes d'art.* Le fondeur, au moyen d'un modèle en métal, qui n'est autre que la cloche elle-même, fait un moulage dans le sable où il n'y a plus qu'à couler de l'alliage fondu. Nous ne nous arrêterons pas sur cette opération dont tous les détails se trouvent dans l'article BRONZE D'ART. Lorsqu'il s'agit de fondre les cloches d'église, les opérations sont un peu plus compliquées, et nous allons les décrire en détail.

Un point essentiel, qu'il faut bien observer avant tout, c'est la préparation toute particulière que le fondeur de cloches doit faire subir à la terre qu'il emploie pour établir ses moules. Il faut des terres fines et ductiles, se durcissant au feu, sans se tourmenter ni crevasser. Cette terre douce et liante, mélangée avec du crottin de cheval, est soumise à une sorte de fermentation, opération qu'il est bon de répéter plusieurs fois, car plus la

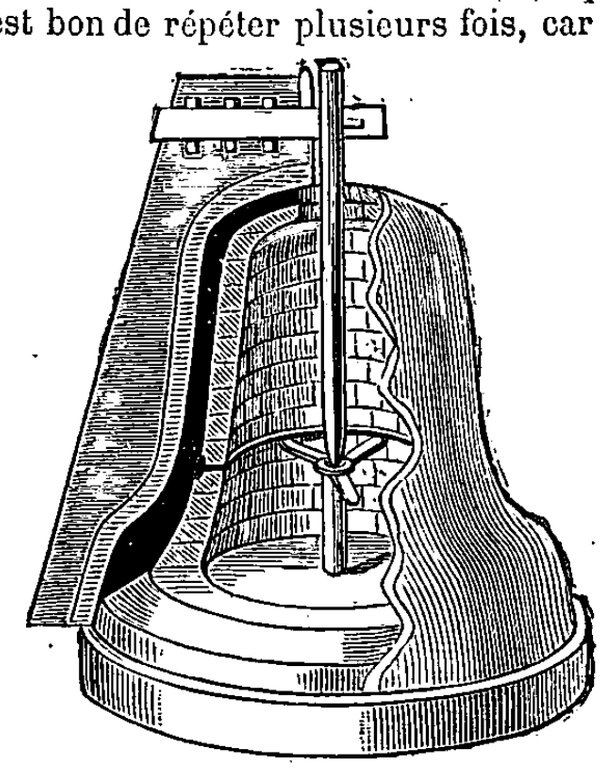


Fig. 346. — *Confection du moule.*

terre est préparée, meilleure elle est. On y ajoute de la poussière fine et bien tamisée de brique ou de creuset blanc, et l'on en forme une pâte conservée dans des endroits frais.

Une partie de cette terre malaxée à la molette comme de la peinture, avec de la bourre de poil de bœuf, donnera un enduit que l'on pose à la main ou au pinceau en couches bien uniformes et régulières.

Le moule d'une cloche se compose de trois parties : le *noyau*, le *modèle* ou *fausse cloche* et la *chape*. Ces diverses parties s'exécutent successivement à l'aide d'un calibre, découpé sur une planche d'après le tracé de la cloche, et qui se monte bien invariablement à l'aide de clavettes sur un bras que l'on fixe à volonté dans un arbre vertical, tournant sur une crapaudine. Le moule se dresse au fond d'une cuve, pratiquée dans le sol de la fonderie, à proximité du four, de façon à pouvoir facilement couler le métal par le sommet de la pièce. La figure 346 montre un moule dans ses diverses parties.

La charpente du noyau se construit en briques liées avec de la terre de maçon, sur un socle fixe, muni de soupiraux pour le passage de l'air. Cette maçonnerie présente, dans tous ses diamètres, une différence d'environ $0^m,01$ avec ceux du noyau, ce que l'on règle facilement à l'aide du compas. On retire l'axe et allume dans le noyau un feu de charbon, pour faire sécher la maçonne-

rie, qu'on garnit alors avec la terre dont nous avons indiqué la préparation, réglant exactement le profil au compas et faisant sécher de nouveau, en surveillant bien pour qu'il ne se produise aucune gerce ou dérangement dans la forme. Le noyau est prêt, on le laisse refroidir, et on y passe un enduit d'une couche savonneuse mélangée de charbon, pour que la fausse cloche n'adhère pas sur le noyau.

La fausse cloche se fait entièrement en terre, la surface extérieure formée de couches posées au pinceau. On fait sécher, laisse refroidir, couvre encore d'une couche savonneuse, et on règle définitivement au compas ; puis avec de la cire on modèle sur place, ou l'on rapporte des estampages des ornements ou inscriptions, qui décoreront la cloche.

La chape qui recouvre les deux autres parties du moule doit être très forte, parce qu'elle supportera le travail d'un feu presque continuel, qu'elle doit être enfouie, pressée et foulée avec la dame à manche, à force de bras, et qu'elle doit supporter la poussée du métal lors de la fusion. La surface extérieure de la chape se règle également au compas, que l'on découpe suivant une nouvelle courbe parallèle ou profil extérieur de la cloche, et qui en est distante d'au moins un bord, sauf vers le bas où l'on donne plus d'écartement de façon à augmenter cet écart de $0^m,04$ environ à la partie la plus basse. La chape porte des traits coïncidant avec des repères tracés sur le socle afin de pouvoir la replacer exactement dans la situation où elle a été construite. Les premières couches posant sur la fausse cloche sont posées au pinceau sur une épaisseur de 5 à 7 millimètres, qu'on laisse sécher à l'air libre. On superpose une seconde couche, allume un feu doux dans le noyau pour produire seulement la fusion de claire, et on termine la chape qui descend plus bas que le moule d'environ $0^m,10$ pour le serrer de près, afin que le métal ne puisse s'extravaser.

La chape est tranchée vers le bas et, à l'aide d'une chèvre et des planches qui ont servi à la détacher à sa base, on l'enlève au-dessus de la fausse cloche. On visite l'intérieur, et répare les petits accidents qui auraient pu se produire.

On brise la fausse cloche et vérifie la surface du noyau, pour réparer les dommages s'il y en a eu.

Pour terminer ce travail et pouvoir passer au coulage du métal fondu, il n'y a plus qu'à préparer le moulage des anses de la cloche, dans lequel on pratiquera le trou de coulée et les évents. Ce moule se construit à l'aide de modèles en bois, en plâtre ou en métal suivant les règles ordinaires du moulage pour un objet quelconque. Seulement au lieu d'opérer dans des cadres en fer et avec du sable, on se sert d'un gâteau de terre que l'on fait cuire au feu, de façon à lui donner de la consistance et à pouvoir le manier facilement. En assemblant les pièces, et avant que de les exposer au feu, on aura eu soin de faire au milieu de la tête du pont, avec un mandrin bien arrondi, un jet capable de recevoir le métal, et deux évents un peu plus étroits mais dont la somme des sections devra être un peu supérieure à celle du jet de coulée. Le jet se termine en entonnoir, et les évents par des tubes de terre qui dépassent le niveau d'arrivée du métal fondu.

Il reste maintenant à placer l'anneau de la cloche : on pose à plomb un croisillon de fer, qui reste dans le noyau, et qui sert à supporter un massif de brique et de sable formant le support dans lequel on enferme l'anneau du battant, de manière que sa longueur soit perpendiculaire au battement de la cloche lorsqu'elle sera suspendue sur les tourillons du mouton, et qu'il ne se trouve que la partie qui doit servir d'anneau scellée dans le sable, l'autre venant s'épanouir dans le vide de la fausse cloche, où elle sera emprisonnée dans le métal coulé. Les bouts qui portent des crans doivent de plus entrer dans le vide de l'anse maîtresse.

Le moule spécial des anses ayant été placé sur la chape, on n'a plus qu'à la descendre sur le noyau, bien exactement dans ses positions de repère, à enterrer dans la fosse, avec du sable, tout le bas du moule, à préparer le conduit appelé *écheno* ou *échenal*, et qui sert de raccordement entre le moule et le four, pour opérer la fonte. Cet écheno est formé de briques, bien enduites de terre et d'un coulis de cendres par dessus. On lui donne une pente de 3 pour 33 centimètres.

La fonte du métal dans le fourneau est un travail assez simple. Toutefois le fondeur ne doit pas oublier la différence des points de fusion du cuivre et de l'étain, afin de ne pas éprouver de pertes sur ce dernier métal, et ne pas changer son alliage. On commence donc par faire fondre le cuivre rouge et quand il est bien fondu on ajoute l'étain et brasse bien le mélange. Si on opérait avec du métal de cloche déjà préparé, il faudrait préalablement chauffer le fourneau pour donner à la sole le temps de rougir en même temps que le métal, qui s'échauffe plus vite. Lorsqu'on coule en même temps les cloches d'un carillon, le fondeur doit bien faire attention à les couler toutes à la même température, afin d'obtenir une composition identique, ce qui lui permet seulement d'avoir l'accord qu'il recherche entre ces cloches.

Quand la cloche fondue est refroidie il n'y a plus qu'à opérer le démoulage, les ragréures du jet et du trou de coulée.

Le battant de la cloche est fabriqué en fer forgé, son poids est environ 1/20 de celui de la cloche. La forme généralement adoptée est celle d'une tige à pans, aplatie en haut, suivant une partie un peu plus large que le corps moyen de la tige, et percée d'un œil au centre arrondi à la lime ; la tige va en se renforçant légèrement vers le bas et se termine par une masse en forme de poire, qui est la partie frappant contre les parois de la cloche et qui a comme diamètre maximum 1 bord plus 1/5. La liaison du battant et de la cloche s'établit à l'aide de liens en cuir dits *brayer,* passant dans l'anneau de la cloche et l'œil du battant. Autrefois, on faisait les battants assez courts et le lien très long, ce procédé était défectueux ; le battant manque de rigidité, de plus le lien tend naturellement à s'allonger, et dans le cas actuel le battant peut venir frapper trop bas sur la pince de la cloche, ce qui en produit la rupture. Aussi

aujourd'hui fait-on l'inverse : on allonge le battant, raccourcissant le lien le plus possible.

M. Maurel a proposé un nouveau mode de suspension du battant qui assure la fixité de son niveau dans la cloche et évite les altérations du son, qui peuvent résulter du déplacement dû à l'allongement du lien. Le battant est suspendu, à l'aide d'une sorte de charnière, à un grand boulon central, pris dans la masse du cerveau, traversant la cloche et substitué aux anses. Il introduit en plus un double système de ressort, sur lequel vient frapper le battant et qui l'empêche de rester en contact avec la cloche après le choc. La pureté du son, serait ainsi, suivant lui, considérablement accrue. Enfin M. Maurel a construit des cloches à battants multiples, frappant la cloche en des points différents, et permettant ainsi avec un seul instrument de produire les effets d'un carillon.

Les cloches sont suspendues dans l'intérieur des clochers, par l'intermédiaire d'une forte pièce en bois de chêne, appelée *mouton*, sur laquelle elles sont fixées, et qui est munie de tourillons reposant dans des coussinets fixes, autour desquels tout le système oscille.

Suspension. Le système de suspension de la cloche, présente des variations assez nombreuses. La disposition la plus simple des tourillons reposant directement dans des coussinets, entraîne forcément une usure et une déformation de ces pièces, par la nature même du mouvement. Aussi s'est-on efforcé de transformer l'action de glissement en une autre de roulement, à l'aide d'une combinaison de secteurs se mouvant avec le tourillon d'une part, et roulant sur des pièces analogues qui sont substituées aux anciens coussinets. C'est là le mode généralement adopté aujourd'hui, surtout pour les lourdes cloches. On emploie un système de trois parties mobiles, entraînées à l'aide de pignons dans le mouvement de la cloche. Ce procédé, recommandé particulièrement par le général Morin, offre une analogie complète avec celui dont on se sert dans la machine d'Atwood, employée en physique et en mécanique à l'étude de la chute des corps.

Les dimensions du mouton, par rapport à celles de la cloche, ont une influence sur le jeu de l'appareil, quand la cloche est mise en branle. Il y a le mode de suspension, dit à *battant lancé*, dans lequel le mouton est relativement bas et léger, et qui est employé dans toute la France, sauf dans le Midi où les cloches sont toujours relativement légères. Dans ce système, lors d'un mouvement rapide, le battant frappe toujours la lèvre supérieure. Dans le Midi au contraire, le mouton est haut et lourd, il équilibre presque le poids de la cloche, le centre de gravité du système est beaucoup remonté et c'est la cloche qui vient frapper le battant à la lèvre inférieure. C'est ce que l'on nomme la sonnerie *à battant rétrograde* ; les sonneries avec ce système sont beaucoup moins belles que dans le précédent ; elles présentent souvent un effet triste et pleureur.

On a fait quelques tentatives de suspension tout en métal, mais il ne semble pas qu'elles aient été couronnées de succès. Cela du reste s'explique assez facilement : les moutons en bois sont taillés de façon à ce que le fil du bois est pris en travers, ils sont donc mauvais conducteurs du son, et les sonneries sont alors plus retentissantes qu'avec une suspension métallique.

La mise en branle des cloches s'effectue soit à la corde, soit à la pédale ; ce dernier procédé employé pour toutes les cloches qui dépassent un poids de 2,000 kilogrammes, exige que le sonneur monte dans le clocher jusqu'aux cloches. Dans le premier la corde est attachée le plus souvent à une sorte de branloire fixée au mouton, et le mouvement se transmet exactement comme pour les soufflets de forge, il en résulte que la corde prend des positions d'obliquité variable, suivant l'amplitude d'oscillation du système. Il serait bien préférable d'établir la corde sur un rouet complet, son mouvement resterait alors complètement rectiligne, le sonneur ne serait pas balancé, ainsi que cela arrive presque toujours, ce qui présente une source d'accidents plus ou moins graves. Enfin cette corde devra toujours être guidée dans ses passages à travers la charpente où se trouve montée la cloche, par des galets guides s'opposant aux frottements de la corde qui détermineraient promptement son usure.

La construction de la charpente sur laquelle se trouve suspendue la cloche, et qui forme véritablement le clocher, réclame quelques soins attentifs, pour ne pas donner lieu à des accidents. Cette charpente, en forme de tronc de pyramide à quatre faces, s'établit généralement en bois de chêne, quelquefois mais rarement en métal. Il faut tout d'abord isoler absolument la charpente des parois de la tour où elle est renfermée, car autrement les vibrations, transmises par les points de contacts, deviendraient une cause infaillible de destruction des meilleures maçonneries. Deux cas peuvent se présenter, ou la charpente descend d'elle-même jusqu'au niveau du sol, ou bien, ce qui est plus fréquent, sa base est à un certain niveau de la maçonnerie de l'édifice ; et c'est ce qui se présente quand la tour ou clocher n'est pas isolée. De toutes manières, la charpente doit être montée sur une sablière qui repose à son tour sur les arceaux du clocher, toujours sans points de contact avec les parois proprement dites de la tour elle-même.

Dans une semblable charpente, les assemblages des diverses pièces entre elles, doivent être faits par des joints à embrèvement et un boulonnage, à l'exclusion des chevilles. Il est inutile d'insister sur cette règle à suivre, que la construction doit être établie en tous ses points, de façon à lutter contre tout ébranlement. Pour cela les grands poteaux doivent être reliés les uns aux autres à l'aide de croix de Saint-André, et comme tous les efforts de traction doivent être supportés par les pièces horizontales et non par les poteaux, ces croix de Saint-André ne doivent pas porter directement sur ces derniers, mais bien sur des cadres horizontaux greffés sur les poteaux. Cette disposition n'est indispensable à suivre, que sur les faces de la charpente placées suivant le sens de la volée de la cloche, dans les autres il suffit de

relier les poteaux par de simples liens ordinaires.

Il faut autant que possible s'opposer à la déformation de la forme rectangulaire des cadres horizontaux de la charpente. M. Viollet-le-Duc conseille à cet égard l'emploi de décharges, ou pièces de bois placées à l'intérieur des cadres, près des angles et parallèlement aux diagonales.

Cloches en acier. Les cloches en acier ont fait leur première apparition à l'Exposition internationale de Paris, en 1855. Elles présentent sur les cloches employées habituellement certains avantages comme légèreté et comme prix, mais les inconvénients inhérents à leur fabrication, en ont, jusqu'ici, retardé l'emploi en France. En Angleterre et en Allemagne, il existe des fonderies de ces sortes de cloches.

A égalité de portée et d'intensité de son, la quantité de matière employée pour les cloches en acier est moitié moindre que pour celles en bronze. A diamètre égal, la cloche en acier coûte environ trois fois moins que celle en bronze. Ainsi une cloche de 8 pieds 6 pouces, fabriquée à Sheffield, a pesé 7,000 kilogrammes et a coûté 16,000 francs; une cloche en bronze de même diamètre pèse 14,000 kilogrammes et coûte 50,000 francs. Les inconvénients qui viennent combattre ces avantages sont: l'usure et l'oxydation du métal. L'acier fondu, pour une cloche, ne peut être fortement trempé, il serait trop fragile. S'il est trop mou, le battant creuse son empreinte sur les deux bords opposés de la cloche et peut la mettre hors d'usage. Il y a donc dans la fabrication, un juste tempérament à observer, et qui constitue, comme nous l'avons dit, une difficulté qui n'a pas encore été, croyons-nous, surmontée d'une façon satisfaisante. En outre, l'acier est un métal très oxydable; il faudrait donc avoir soin d'entretenir sur la surface de la cloche une couche graisseuse pour la conserver intacte.

II. **CLOCHE A PLONGEUR.** Appareil destiné à permettre d'exécuter certains travaux sous l'eau. La construction des cloches à plongeur repose sur ce principe : si l'on enfonce, perpendiculairement dans un liquide, un vase préalablement renversé, ce liquide ne s'élèvera que fort peu dans la cloche, empêché qu'il est par la pression de l'air emprisonné au-dessus de lui.

— Les premiers essais de cloche à plongeur paraissent remonter à Aristote, mais cet appareil, d'après la description qui en est faite, rappelle celui que les modernes ont appelé *cornemuse* ou *capuchon* du plongeur.

Les premières tentatives qui ont été faites avec succès remontent à l'année 1538, où deux Grecs, en présence de l'empereur Charles-Quint et de dix mille spectateurs, descendirent sous l'eau, dans une cuve renversée, avec une lumière, et en sortirent sans être mouillés. La cloche se composait d'un cône tronqué en bois, lesté par le bas pour la faire descendre et la maintenir verticale. Plusieurs fortes lentilles de verre y laissaient pénétrer le jour par en haut. Mais l'air contenu cessait bientôt d'être respirable : il fallait fréquemment remonter la cloche pour le renouveler; en outre, à mesure que la cloche descend, l'air qu'elle contient se comprime et l'eau prend un niveau de plus en plus élevé à l'intérieur de l'appareil qui n'était applicable qu'à de faibles profondeurs.

Halley, en 1716, remédia à ces principaux inconvénients. Son perfectionnement consistait en un baril d'une contenance d'environ 162 litres que l'on descendait plein d'air. Sur chacun de ces fonds se trouvait un trou. Au trou supérieur on adaptait un tuyau de cuir flexible, plus long que le baril et pendant librement sur le côté. L'eau ne pouvait pénétrer par le trou inférieur, puisque l'extrémité du tuyau flexible était plus basse que lui; mais lorsque le baril arrivait près de la cloche, l'ouvrier saisissait le tuyau flexible, en relevant l'extrémité dans la cloche au-dessus du baril, l'eau s'introduisait dans celui-ci et chassait l'air dans la cloche. Pendant qu'un baril remontait, un autre descendait. L'air vicié, plus chaud que l'air frais, se maintenait en haut de la cloche d'où on l'expulsait par un robinet. Halley imagina aussi un appareil additionnel permettant au plongeur de s'écarter de la cloche. Mais c'est surtout depuis les perfectionnements de Smeaton et de Rennie que la cloche devint un puissant auxiliaire de l'ingénieur.

En 1788, Smeaton fit construire pour le port de Ramsgate une cloche en fonte de fer mesurant 4 pieds 1/2 de haut, 4 pieds 1/2 de long, 3 pieds de large et pesant 2,500 kilogrammes. Elle pouvait contenir deux travailleurs; une pompe foulante envoyait l'air nécessaire à la respiration, par un tuyau de cuir.

Cet appareil de faibles dimensions fut modifié en 1812 par Rennie. La forme tronconique fut sacrifiée à la forme parallélipipédique. La face supérieure de la cloche avait les dimensions suivantes: longueur en dehors 1m,855; hauteur, 1m,720; largeur, 1m,380; poids, 4,000 kilogrammes. Les dimensions du bas sont de quelques pouces plus grandes. Cette cloche, coulée en fonte, d'un seul jet, a un poids suffisant pour la submerger sans lest. Au centre de la face supérieure est un trou circulaire, communiquant avec l'intérieur par plusieurs trous, munis de soupapes en cuir. Un tuyau en cuir, vissé sur l'ouverture extérieure, amène l'air fourni par une pompe foulante. Douze ouvertures circulaires, garnies de lentilles de verre épais, fixées par des écrous et un mastic convenable. Aux deux extrémités de la cloche sont deux sièges pour les plongeurs. Ceux-ci reposent leurs pieds sur une planche, fixée à environ 6 pouces des bords inférieurs. Sur l'un des côtés, à la hauteur des épaules, est une planchette à rebord pour les petits outils, la craie, etc.

Au sommet de la cloche est suspendu un moufle pour suspendre les matériaux. La cloche peut subir mécaniquement un déplacement latéral. Pour entrer dans la cloche, on l'élève à 3 ou 4 pieds au-dessus de la surface de l'eau. Le bateau dans lequel sont les ouvriers s'avance dessous; ceux-ci prennent place dans la cloche que l'on descend graduellement dans l'eau après que le bateau s'est retiré. Quand la cloche est entièrement plongée on sent dans les oreilles une vive douleur que l'on peut faire disparaître, soit en baillant, soit en fermant la bouche et les narines et en s'efforçant de faire sortir l'air des poumons par les oreilles, soit encore mieux en avalant sa salive. Depuis Rennie, les cloches à plongeur n'ont reçu que des perfectionnements insignifiants.

La cloche à plongeur présente plusieurs inconvénients. Elle contient peu d'ouvriers; elle est exposée à être renversée; le tuyau qui amène l'air peut se rompre; on a, pour éviter ce dernier dan-

ger, proposé d'emmagasiner de l'air comprimé dans la cloche; mais le *scaphandre* (V. ce mot) tend, de plus en plus, à remplacer cet appareil.

III. ***CLOCHE ÉLECTRIQUE.** Les cloches électriques sont employées sur les chemins de fer pour annoncer d'une gare à l'autre, ainsi qu'à des points intermédiaires de la voie, la mise en marche des trains expédiés sur les sections de ligne à voie unique. L'avantage résultant de l'usage de ces cloches est, au point de vue de la sécurité, le suivant: si un agent, posté sur la voie, en un point intermédiaire entre deux stations, entend successivement annoncer deux trains marchant en sens contraire, il doit immédiatement se porter en avant de celui qu'il juge être le plus proche et laisser sur la voie des pétards pour arrêter l'autre train. De cette façon, en admettant qu'une erreur ait été commise par une gare et qu'un train ait été expédié à la rencontre d'un autre train, il y a de grandes chances pour que la collision qui devait se produire soit évitée. C'est à ce titre que l'emploi des cloches électriques a été prescrit à toutes les Compagnies de chemins de fer, par une circulaire ministérielle en date du 13 septembre 1880, pour celles de leurs lignes qui ont plus de six trains réguliers dans chaque sens, en vingt-quatre heures.

L'invention des cloches date presque de l'origine de l'application de l'électricité à l'exploitation des chemins de fer; mais, si l'on restreint la dénomination de cloche aux appareils bruyants, bien distincts des sonneries ordinaires, et pour la manœuvre desquels on fait usage d'un mouvement d'horlogerie déclenché par l'envoi d'un courant électrique, on trouve que les grosses cloches d'annonce proprement dites ont pris naissance en Allemagne de 1845 à 1852 et qu'elles ont été importées en France par M. Félix Mathias qui les a fait connaître à la Société des Ingénieurs Civils, en 1855. Leur première application sur un réseau français, celui du chemin de fer du Nord, date de 1862, et depuis 1867, cette compagnie en fait exclusivement usage sur toutes ses lignes à une seule voie. En 1876, à la suite de l'accident de Châtillon, la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée a suivi cet exemple. Enfin, désormais les cloches électriques sont devenues obligatoires dans les cas spécifiés ci-dessus.

Une cloche d'annonce se compose, en général, soit d'une tour en fonte, soit d'une boîte, montée sur une colonne ou fixée à un mur, et qui renferme un fort mouvement d'horlogerie. Lorsque le poids moteur descend, il déroule dans sa chute une corde et fait tourner un tambour principal sur lequel est enroulée cette corde. Ce mouvement de rotation se communique à des roues, armées de cames, qui font basculer des leviers au bout desquels sont fixés les marteaux, chargés de frapper sur le timbre de la cloche. Par conséquent, pour obtenir un certain nombre de coups de cloche, il suffit de déclencher un arrêt qui, en temps normal, s'oppose à la chute du poids moteur. L'appareil est réenclenché, soit automatiquement, soit par la cessation du courant électrique qui avait provoqué le déclenchement. Lorsque le poids est arrivé au bout de sa course, il est nécessaire de remonter le système de manière à enrouler de nouveau la corde sur le tambour principal. La longueur de cette corde et le diamètre du tambour sont calculés de façon que l'appareil permette de faire un assez grand nombre de déclenchements avant qu'il soit nécessaire de le remonter.

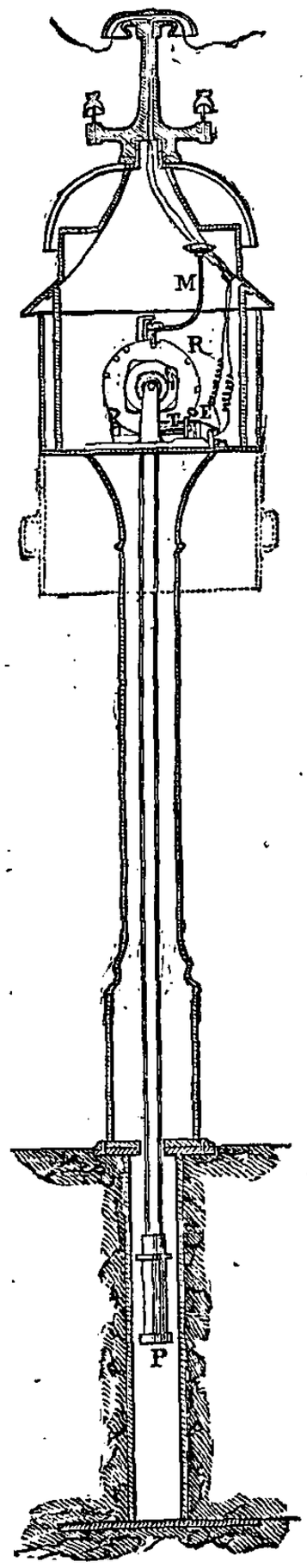


Fig. 347.
Cloche Siemens.

Les cloches électriques se divisent en deux catégories, selon la source d'électricité que l'on emploie pour obtenir le déclenchement du mouvement d'horlogerie; elles sont mues, soit au moyen de courants d'induction, soit au moyen de piles et par l'interruption d'un courant continu.

Cloches à courant d'induction, Le type primitif de ces cloches appartient à la maison Siemens, de Berlin. A chaque station, un inducteur, manœuvré au moyen d'une manivelle, permet, grâce à un commutateur, d'envoyer des courants d'induction dans l'un ou l'autre des groupes de sonneries entre lesquels la gare est située et de les faire tinter. Dans le dernier type, construit par M. Siemens (fig. 347), les organes électriques de la sonnerie sont montés à la partie supérieure d'une colonne creuse en fonte, d'une hauteur de $2^m,60$. Le poids P qui descend à l'intérieur de cette colonne s'enroule sur le tambour T. Lorsque le courant passe dans l'électro-aimant E, un échappement dégage le mouvement d'horlogerie qui se met à tourner et les cames, montées sur la roue R, font osciller le marteau M qui frappe sur la cloche autant de coups qu'il y a de cames. Lorsque la roue R a fait une certaine fraction de tour, l'appareil se déclenche de lui-même et est prêt à fonctionner de nouveau. On peut donc, en envoyant un courant électrique, faire donner tel nombre de coups que l'on veut.

Cloches à courant continu. L'emploi de courants continus, produits par des piles électriques, pour la manœuvre des cloches d'annonce des trains, est très répandu en Autriche. La figure 348

représente le type d'appareil, construit par la maison Leopolder, de Vienne, et adopté par la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée. Le courant circule en permanence dans le fil de ligne et, pour provoquer le déclenchement de l'appareil, il faut que ce courant soit successivement interrompu, puis rétabli. En se détachant, l'armature de l'électro-aimant fait, en effet, osciller un échappement à fourche qui ne lâche l'arrêt du mouvement d'horlogerie que quand l'armature est de nouveau attirée contre le pôle de l'électro-aimant. Dès lors, le mécanisme du mouvement d'horlogerie, obéissant à l'action du poids P, se met en marche et agit sur le levier *l* qui commande le marteau M, et un

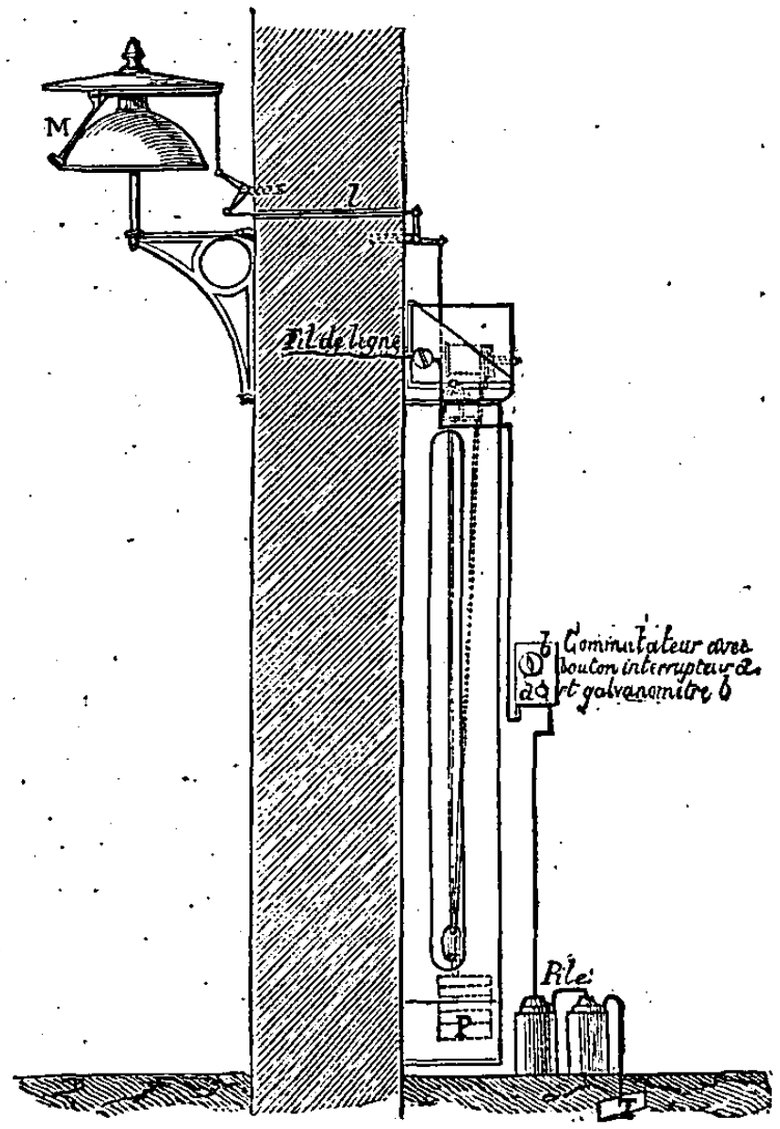


Fig. 348. — *Cloche Leopolder.*

coup de timbre résonne. Pendant ce temps, le système revient à sa position initiale et il faut une seconde interruption de courant pour produire un nouveau coup de timbre.

Il existe des commutateurs interrupteurs du courant, non seulement aux stations, mais encore aux passages à niveau intermédiaires, de sorte qu'en adoptant un langage conventionnel, formé de séries de coups de timbre diversement espacées, on peut échanger, outre l'annonce réglementaire des trains, telles communications que l'on veut, par exemple, des demandes de secours en cas de détresse, des avis informant qu'une rupture d'attelage a eu lieu et que des vagons descendent en dérive, etc.

La Compagnie d'Orléans a adopté un système mixte ; la sonnerie est du type Siemens, mais elle fonctionne au moyen de courants continus.

L'avantage des appareils à courant permanent consiste dans la faculté qu'ils donnent de faire des appels en des points intermédiaires, par la manœuvre d'un simple commutateur interrupteur ; tandis que pour obtenir le même résultat, avec les sonneries qui fonctionnent par les courants d'induction, il faudrait intercaler des inducteurs, ce qui coûterait beaucoup plus cher. Aussi, les sonneries à induction n'ont-elles été préférées que sur les réseaux comme celui du Nord, où il existe déjà partout des postes télégraphiques de secours échelonnés sur la ligne et complètement indépendants des sonneries ; ou bien en Allemagne, où une combinaison spéciale de mécanismes permet à un garde de la ligne, d'envoyer par la sonnerie une dépêche Morse, en se bornant simplement à embrocher une molette sur un axe. Les molettes portent, à leur circonférence, des caractères Morse, correspondant à l'appel que l'on veut transmettre et de cette façon, le garde peut envoyer la dépêche, sans même connaître la signification de l'alphabet Morse, que tous ne sauraient pas lire.

En résumé, les grosses sonneries à cloches, quel que soit leur type, rendent de très grands services pour l'exploitation des lignes à une seule voie, et depuis qu'elles sont installées sur plusieurs de nos réseaux français on a pu, d'après le témoignage des directeurs de ces réseaux, éviter une dizaine de rencontres de trains, dont quelques-unes auraient pu être très graves. — M. C.

IV. **CLOCHE.** *T. de blas.* Meuble d'armoiries représentant une cloche. || *T. d'arch.* Nom que l'on donne quelquefois à l'ensemble de certains chapiteaux ; on dit mieux *corbeille*. || *T. de télégr.* Isolateur ayant la forme d'une cloche. || *T. techn.* Ornement en forme de cloche d'une monture de chandelier. || Soufflure d'une pièce de poterie. || Cavité qui se déclare au toit d'une galerie de mine. || *T. de chim.* Cylindre de verre ouvert à une extrémité et fermé par l'autre. || *T. d'hortic.* Vase de terre, ou d'autres matières, employé par les jardiniers pour préserver les plantes de la gelée en concentrant autour d'elles la chaleur du soleil et des couches. Des expériences très curieuses ont montré à quel point la température peut s'élever quand on emploie comme cloche une boîte en bois noircie à l'intérieur et recouverte d'une vitre. Dans un essai que fit ainsi Menchell, en 1832, la température s'éleva jusqu'à 259° Fahrenheit.

* **CLOCHE-PIED.** Sorte d'organsin qui n'a que trois brins de soie dont deux moulinés ensemble, et ensuite avec le troisième.

CLOCHER. *T. d'arch.* Construction en charpente ou en maçonnerie, dans laquelle on suspend les cloches d'une église. C'est, en général, une tour plus élevée que l'édifice qu'elle accompagne, carrée à sa base, devenant polygonale ou cylindrique à une certaine hauteur et se terminant très fréquemment en pyramide. Selon la forme ainsi affectée par les clochers, on désigne ces constructions par les noms de *tours*, *aiguilles*, *flèches*, etc... Quelle que soit, d'ailleurs, cette forme, les parois latérales du clocher sont percées, au niveau des cloches, d'ouvertures garnies d'abat-

vent destinés à rabattre le son vers le sol. Signalons, en passant, l'erreur assez généralement répandue qui consiste à croire que pour mieux entendre le son des cloches, il faut des clochers très élevés. A l'intérieur, les cloches sont supportées par une forte cage de charpente appelée *beffroi* et disposée de manière à amortir les secousses produites par le balancement des cloches. — V. CLOCHE, § *Suspension*.

— Dans les premiers temps du christianisme, l'usage des cloches n'étant pas connu, les édifices religieux étaient naturellement dépourvus de clochers. On attribue à Paulin, évêque de Nole, l'idée de se servir de clochette pour annoncer aux fidèles les heures des offices, et nous avons exposé dans l'historique des cloches, comment leur usage s'est établi dès les premiers temps du moyen âge. Disons que tout d'abord ces instruments n'étaient pas d'une assez grande dimension pour exiger l'érection de tours considérables; aussi les suspendait-on, soit dans de petits campaniles élevés à côté de l'église ou au-dessus des combles, soit dans des arcatures ménagées au sommet des pignons ou même à de petits beffrois de bois dressés sur la façade ou les murs latéraux. Les premiers clochers auxquels on voulut donner plus d'importance et de durée furent élevés, soit au centre de la croix, comme à l'église de Than, près Caen; soit au milieu de la façade et au-dessus de l'entrée, comme à l'église d'Enai, à Lyon, et à Saint-Germain-des-Prés, à Paris; soit à l'un des angles de la façade, comme à l'église de Saint-Loup à Bayeux. Mais l'importance de ces constructions ne résulte pas seulement du besoin que l'on éprouvait alors d'y renfermer des cloches d'un volume considérable. En effet, l'invention des grosses cloches ne date que du XIIe siècle et encore ces instruments étaient-ils de faible dimension relativement à ceux qui furent fabriqués dans les siècles suivants. Toutefois, un certain nombre de clochers du XIe et du XIIe siècles rivalisent pour le diamètre et la hauteur, avec ceux qui ont été bâtis depuis le XIIIe siècle. On peut donc considérer, d'une manière générale, les clochers comme des monuments destinés à faire reconnaître l'église au loin, comme un signe de puissance, autant que comme des tours bâties pour contenir des cloches. Bien plus, un grand nombre d'églises possèdent deux clochers élevés aux deux angles de la façade, quelquefois deux tours immenses surmontées de flèches élancées, comme on en voit aux églises des bords du Rhin, aux belles abbayes de Caen, à la cathédrale de Chartres. Ces tours, construites sur plan carré, forment saillie sur le monument et l'intervalle qui les sépare sert de porche à l'édifice. Enfin, les clochers se multiplièrent tellement qu'on en éleva jusqu'à quatre et même quelquefois plus pour une seule église. Dans ce cas, ils sont placés aux extrémités du transept, aux angles de la façade et au centre de la croix. La décoration des clochers est en rapport avec celle des monuments qu'ils accompagnent. Dans les parties basses, des contreforts saillants assurent la solidité de la tour, qui est divisée, dans sa hauteur, par des bandeaux ou corniches, en étages décorés d'arcades simples ou accouplées. Un comble conique ou pyramidal surmonte fréquemment le clocher. Faisons remarquer, en terminant, que l'usage des cloches ne fut que passagèrement adopté en Orient et que la construction de ces tours gigantesques et pyramidales, dans lesquelles les constructeurs du moyen âge épuisèrent toutes les ressources de la science et de l'art chrétien, caractérise tout particulièrement les églises d'Occident. En un mot, la forme symbolique de l'église d'Orient, c'est la coupole, tandis que la forme symbolique de l'église d'Occident c'est le clocher : Sainte-Sophie, à Constantinople; Saint-Marc, à Venise, peuvent être considérés comme des types de la première; on peut voir des types de la seconde dans les cathédrales de Strasbourg, d'Anvers, de Chartres, etc.

CLOCHETON. *T. d'arch.* Ornement pyramidal ou petit clocher qui surmonte une tourelle, un contrefort, etc.

— Très rares dans la période romane, les clochetons n'apparaissent qu'au XIe siècle; vers la seconde moitié du XIIe ils accompagnent la flèche sur les clochers; au XIIIe ils ont des formes sveltes et ils couronnent les contreforts, on les voit aussi sur les arcs-boutants; à partir du XVe ils ont souvent la forme octogonale avec décorations de fleurons et de panaches sur leurs arêtes, et à la Renaissance ils prennent l'aspect d'édicules à coupole, comme celui qui se trouve au-dessus du portail latéral de l'église Saint-Eustache, à Paris.

CLOCHETTE. Petite cloche. || *T. d'arch.* On donne ce nom aux petits ornements de forme conique qui, dans l'ordre dorique, se trouvent au-dessous des triglyphes.

***CLOCTER.** *T. techn.* Donner les dimensions nécessaires aux carreaux de pierre destinés à la fabrication des meules de moulin.

***CLOCTEUR.** *T. de mét.* Ouvrier chargé de clocter les carreaux de pierre meulière.

* **CLODION** (CLAUDE-MICHEL), sculpteur, né à Nancy en 1745, mort en 1814. Il excellait particulièrement dans le genre léger et gracieux. Son ciseau élégant se plaisait à reproduire des jeunes filles jouant avec des oiseaux ou des enfants dans leurs plus charmantes poses de grâce naïve. Clodion fut moins heureux dans les œuvres de grandes proportions. Son *Hercule au repos* et sa statue de *Montesquieu* ont été l'objet de vives critiques, mais ses figurines en terre cuite ont toujours été très recherchées. Parmi ses meilleures productions, on cite : la *Jeune fille cherchant à saisir un papillon*, une *Baigneuse*, une *Jeune fille portant des raisins*, etc.

CLOISON. *T. de constr.* Nom que l'on donne aux murs légers que l'on établit pour former les distributions dans les appartements. Ces séparations sont faites en bois, en plâtre ou en briques et reçoivent diverses dénominations.

1° Les *cloisons de menuiserie* sont formées de planches jointives, assemblées entre elles à rainures et languettes et maintenues par des traverses. Les plus simples sont les cloisons faites en planches brutes, clouées sur bâtis de charpente et que l'on emploie comme séparations de caves.

2° Les *cloisons de charpente*, dites aussi *cloisons légères*, sont particulièrement destinées à la distribution des appartements; elles se composent de poteaux et de traverses à section carrée, dressés et corroyés. Les poteaux, ainsi que les traverses du haut et du bas, sont cloués au plafond et fixés sur le plancher; les traverses intermédiaires, assemblées sur les poteaux se nomment *entretoises*. Le hourdis ou remplissage se fait en plâtras et plâtre sur lattis ou en briques. Les poteaux qui forment les montants des ouvertures des portes ménagées dans les cloisons sont les *huisseries*, pourvues, d'un côté, d'une feuillure, sur laquelle bat le vantail de la porte et, de l'autre côté, d'une

double nervure, qui reçoit le bout de la latte ou qui loge la brique, suivant que le hourdis est en plâtras ou en briques. Les cloisons, ainsi disposées, qui ont plus de 0,08 à 0,10 d'épaisseur prennent le nom de *pans de bois*. — V. Pan.

3° Les *cloisons en plâtre* se font au moyen de plaquettes ou carreaux de plâtre posées les unes au-dessus des autres et se joignant par leur tranche, qui est creusée en rainure pour faciliter le scellement au plâtre. Au droit des ouvertures de portes ces carreaux s'engagent dans la double nervure ménagée sur les huisseries. Lorsque la cloison a plus de 3 mètres de longueur, on y place des poteaux de *remplissage* pour assurer la stabilité.

4° Les *cloisons en briques* sont composées de briques pleines ou creuses, posées les unes sur les autres à joints croisés, soit à plat, soit sur champ. Leur épaisseur varie suivant les dimensions mêmes des briques et selon le dispositif adopté. Les distributions d'appartement ont une épaisseur usuelle qui varie de $0^m,08$ à $0^m,15$, compris les enduits en plâtre qui revêtent les parois de ces séparations. Autrefois on classait parmi les cloisons les murs en briques de $0^m,22$ d'épaisseur.

Terminons en citant la formule de Rondelet : $l=\frac{L+H}{146}$, qui permet de déterminer l'épaisseur l des cloisons en général et dans laquelle L est la longueur de l'espace que le mur doit diviser, H la hauteur de l'étage.

‖ *Cloison d'aérage.* Dans une galerie de mine, cloison en bois ou en brique qu'on établit pour diriger la circulation du courant d'air.

CLOISONNÉ. *T. d'art.* Nom des objets émaillés dans lesquels les figures ou ornements sont formés par des lames de métal très minces et soudées de champ sur le fond. — V. Email. ‖ *T. de minér.* Se dit d'un filon qui est partagé dans son épaisseur par des espèces de cloisons de nature différente de celle des parties exploitables.

CLOÎTRE. Signifie proprement un carré de bâtiment situé dans l'intérieur d'un monastère et formé de galeries couvertes entourant une cour ou un jardin. L'espace découvert se nomme *préau* et sert quelquefois de cimetière au couvent.

* **CLOPEUR.** *T. techn.* Outil de raffineur de sucre, on dit aussi *clopeux*.

* **CLOQUAGE.** *T. techn.* Se dit d'une bouffissure qui se produit dans une couche de peinture.

* **CLOQUE.** *T. techn.* Chez les blanchisseurs de cire, on donne ce nom à un ruban de cire qui se forme en bouton, lorsque le cylindre n'est pas partout également chargé d'eau.

* **CLOQUETIER.** *T. techn.* Morceau de bois auquel le briquetier attache l'archet de fil de fer qui sert à couper la terre.

* **CLOSOIR.** *T. techn.* Assemblage de planches de sapin bien jointes qui forment le moule pour la construction des murs en pisé. ‖ Planche qui soutient les branches d'un ouvrage de vannerie.

* **CLOSTRE.** — V. Claustre.

CLÔTURE. Enceinte qui forme un espace de terrain. ‖ A l'exception des lignes d'intérêt local établies sous le régime de la loi du 11 juin 1880, les voies ferrées doivent toujours être fermées à l'accès du public par des clôtures formées de haies ou de simples barrières.

CLOU. Les clous sont de petites broches en fer, quelquefois en laiton, terminées en pointe à une de leurs extrémités, et portant à l'autre une partie renflée aplatie, ou une calotte sphérique qui forme la tête. Ils servent à fixer les objets divers les uns sur les autres.

On distingue les clous forgés à la main, ou à la machine, qui présentent au point de vue de l'usage des types très nombreux, soit par leur longueur, leur grosseur, la forme de leur tête, etc. Ainsi les clous des menuisiers et des charpentiers, en fer poli à tige cylindrique, à tête ordinairement complètement plate, quelquefois en forme d'une petite calotte sphérique, les clous dits de bateaux ou à lattes, en fer brut à tige carrée, et à tête en forme de petit tronc de pyramide très surbaissé, les pointes de Paris, ou clous d'épingle. Il y a encore les clous en fer découpé ; les clous fondus en fonte très employés en Angleterre, en particulier pour la confection des caisses d'emballage ; les clous de tapissier parmi lesquels on rencontre une variété spéciale, qui se distingue de toutes les autres, en ce que : la tige est en fer et la tête en laiton, très large avec des formes très variées et des ornements estampés sur sa surface ; les clous en laiton, et enfin les clous à cheval pour la ferrure des chevaux.

Clous forgés. Le principe général de la fabrication des clous est assez simple. Après avoir choisi du fer en verge de bonne qualité, et l'avoir découpé en tronçons de longueur convenable, on fait chauffer ces baguettes à blanc sur un petit feu de forge, puis on les forge sur l'enclume de façon à former la pointe, et à donner à la tige le profil nécessaire quand il s'écarte de celui des baguettes primitives, puis on coupe au tranchet une longueur suffisante pour faire un clou, sans la séparer entièrement de la baguette, qui sert encore à introduire le clou dans une cloutière. On sépare alors définitivement la baguette du clou, et l'on rabat la tête au marteau en lui donnant la forme appropriée au modèle que l'on veut fabriquer. La cloutière est garnie d'une table d'acier, qui la protège contre les déformations, et permet de mieux écraser la tête du clou, prise sur la partie de matière qui reste naturellement en dehors. Ce travail assez simple, conduit à une fabrication assez importante, même quand elle est pratiquée manuellement. Ainsi, un bon forgeron fait facilement de 12 à 20 clous par minute, suivant la grosseur de l'échantillon. Toutefois il était facile de prévoir que l'on trouverait une grande amélioration à cette fabrication, en disposant des machines spéciales pour son usage.

Une des premières améliorations apportées, fut l'emploi de marteaux-pilons, ou mieux de sonnettes, qui permettaient de faire la tête du clou d'un seul coup et simplifiaient déjà notablement le travail.

Ce premier perfectionnement a été bientôt suivi d'autres plus complets, et il existe aujourd'hui un nombre assez considérable de modèles de machines établissant entièrement le clou : coupe à longueur de la baguette, formation de la pointe et de la tête. Le travail manuel consiste simplement à présenter à la machine les baguettes chauffées au degré voulu. Nous croyons inutile de décrire spécialement ces machines, dont la conception est facile à imaginer, d'après le but qu'elles ont à remplir. Voici d'ailleurs une idée générale du mécanisme que l'on y rencontre.

Sur un bâti horizontal se trouve une glissière animée d'un mouvement alternatif de va-et-vient, par l'intermédiaire d'une bielle, reliée par une manivelle à un arbre moteur. Cette glissière, quand elle se présente à la tête du bâti, reçoit les baguettes de fer chauffées au rouge blanc, qu'elle entraîne avec elle, dans son mouvement de retour, à l'aide de mâchoires placées sur la glissière et mues par des excentriques, qui viennent serrer la baguette entre elles. Un système de couteaux vient alors séparer de la baguette, par une coupe oblique, un tronçon de longueur correspondante à celle du clou, et ce tronçon est alors saisi entre deux organes compresseurs qui étirent la pointe du clou en lui donnant la forme d'un coin. En même temps que s'exécute cette dernière opération, un excentrique placé sur l'arbre moteur, fait avancer horizontalement un arbre, qui vient refouler le bout de la tige un peu en saillie en dehors de la contre étampe formée par les organes compresseurs, et la tête du clou est ainsi faite par écrasement.

On comprend facilement les nombreuses modifications de détail qu'on a pu apporter, dans le mode de transmission du mouvement, à ces divers organes de la machine ; ce qui en constitue autant de modèles différents, mais tous basés sur le même principe. C'est ainsi qu'en donnant des formes convenables à l'étampe et à la contre-étampe, on peut établir des têtes de formes variées, plates, en calottes sphériques, en pyramides très aplaties, etc. Le levier portant la contre-étampe, peut également n'être pas commandé directement par l'arbre moteur, et souvent on lui adjoint un système de ressorts à boudins qui ont pour effet de s'opposer à un écrasement par choc, ils rendent le travail progressif, en même temps qu'ils servent à provoquer le retour en arrière de cet organe. A ce sujet, nous croyons devoir mentionner une observation due à MM. Japy, qui se servent de ressorts en caoutchouc, bien supérieurs suivant eux aux ressorts à boudins.

Lorsque la glissière est arrivée au bout de sa course, le clou est terminé, les organes compresseurs s'entrouvrant le rendent libre, et le clou est rejeté hors de la machine par le jeu d'un crochet.

Pointes de Paris. Ces clous se fabriquent aujourd'hui presque exclusivement à la machine. On fait les pointes de Paris avec du fil de fer pris en bottes, et le travail s'exécute à froid sur le métal. Le fil de fer, saisi dans une mordache à la tête de la machine, avance, à chaque tour d'une manivelle reliée à l'arbre moteur, d'une quantité constante qui est engagée dans une contre-étampe dépassant légèrement aux deux extrémités. La pointe du clou est alors formée par deux couteaux mus par des excentriques, qui coupent le fil de fer sous un angle aigu, en même temps que l'étampe montée sur un arbre, que commande un excentrique particulier, vient former la tête par refoulement. Le clou se trouve terminé, pendant la période de retour des organes précédents à leur position primitive, un chasse-clou pousse légèrement le clou en dehors de la contre-étampe, et un crochet agissant sur la tête fait tomber le clou fabriqué en dehors de la machine, qui se trouve dans la même situation qu'au point de départ, et donne lieu à la production d'un nouveau clou. Cette fabrication continue et très économique à l'aide de laquelle on peut, en se servant de fil de grosseurs diverses, établir des clous de modèles très variés, d'une exécution parfaite, a considérablement favorisé l'emploi des pointes de Paris, qui remplacent aujourd'hui avec avantage tous les petits clous forgés qu'on fabriquait autrefois.

Clous fondus. Ces clous, ainsi que nous l'avons dit, sont beaucoup plus employés en Angleterre qu'en France, cela incontestablement par suite des qualités supérieures de fonte que l'on rencontre aisément dans ce pays. La fonte est coulée dans des moules, où se trouvent l'empreinte des clous, puis quand la fonte est refroidie, les clous retirés sont mis à chauffer dans des creusets fermés au sein d'un mélange de limaille de fer et de poussier de charbon, ce qui a pour objet de produire la décarburation de la fonte, et la rend tellement douce que ces clous se reploient en tous sens, sans se rompre. On les recouvre même quelquefois d'un étamage qui les protège contre la rouille, ce qui peut offrir des avantages dans quelques circonstances.

Clous découpés en tôle. On prend une bande de tôle dont la hauteur est égale à la longueur que devront avoir les clous ; cette bande est introduite entre des cylindres roulants, produisant son avancement par périodes successives et régulières, pour amener la plaque entre des découpoirs qui attaquent la tôle sur ses deux faces. Le principe de la machine consiste à établir les découpoirs de façon que la tête d'un clou soit formée par les deux épaulements que laisse le découpage de la partie opposée. Les figures 349 à 351 montrent une plaque de tôle où sont tracées toutes les divisions imprimées par les découpoirs, et qui ont tranché cette plaque suivant des clous, dont la pointe est en forme de coin à pans droits ou arrondis, ou même suivant des clous sans pointe.

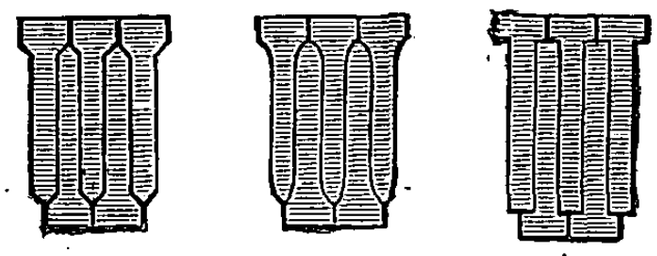


Fig. 349 à 351.

On comprend, par l'examen de ces figures, que les formes peuvent recevoir de nombreuses variations, d'après la forme donnée aux découpoirs, à la condition d'observer toujours le principe énoncé plus haut. Afin d'éviter les bavures qui viendraient en prolongement des pointes entre les têtes, si petit que soit le jeu laissé entre les deux découpoirs, la machine comporte une seconde paire de couteaux dont les tranchants sont dirigés perpendiculairement à ceux des premiers, ils ont pour but d'enlever la bavure dont nous venons de parler et de séparer ainsi complètement les clous de la bande de tôle dans laquelle ils ont été découpés.

Clous des tapissiers. Les clous que les tapissiers emploient spécialement, ont une tête de forme sphérique ou pyramidale à pans, et en cuivre poli. Pendant longtemps, ces clous étaient fondus, fabrication assez délicate et ne donnant jamais de bons résultats, par suite de la flexibilité de la tige. Aussi l'idée d'employer du fer pour former la pointe tout en conservant la tête en cuivre, en même temps que par des procédés mécaniques les métaux étaient travaillés à froid, a-t-elle été une révolution complète dans cette industrie.

La première machine exécutant ce travail a été conçue par M. Carmoy, et exécutée par M. Clément Collas. Le travail se décompose en deux parts distinctes. La première a pour but de préparer la tête du clou, la pointe se formant avec des pointes de Paris à tête camarde; c'est une opération de découpage, d'emboutissage à l'aide des machines employées ordinairement à cet usage. La seconde, exécutée par la machine spéciale conçue à cet effet, détermine d'une façon invariable la réunion de la tête et de la pointe. On découpe dans des planches de cuivre épaisses de 1 millimètre, des rondelles

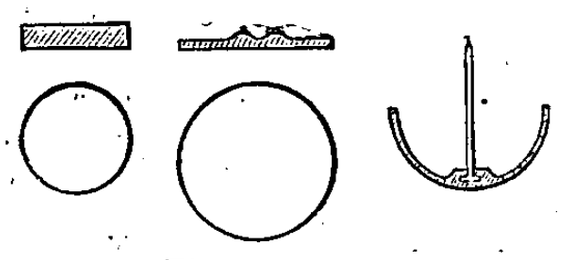


Fig. 352 à 356.

de diamètre convenable suivant le modèle adopté. Ces rondelles passent à l'estampage sur un plateau rond portant au centre un petit godet, de telle sorte que le disque en s'étalant n'a plus ensuite que 1/4 de millimètre d'épaisseur, et au milieu un petit renflement de matière de $1^{m}/^{m},1/3$ d'épaisseur, avec une petite cuvette au centre. C'est dans cette cuvette que viendra se placer la tête du clou, et lorsque la rondelle sera emboutie en forme de demi-sphère, le bourrelet central sera serti sur la tête de la pointe; les deux pièces fixées ainsi invariablement l'une à l'autre. Le groupe de figures de 352 à 356 fait voir la succession de ces diverses phases du travail.

La machine qu'a construite M. Clément Collas, est une modification de la presse monétaire. Dans ces machines, les flans destinés à produire les pièces sont placés dans un tube vertical en dehors du point d'estampage, et une sorte de main décrivant un mouvement circulaire en transporte un à la fois entre les matrices à chaque évolution de la machine. M. Clément Collas a disposé, non plus un seul, mais deux poseurs, chacun d'eux sur l'un des côtés de la matrice. Le premier reçoit le flanc de cuivre, le second la pointe. Lorsque la machine est mise en mouvement, le premier poseur vient déposer le flanc sur le coutre étamp, puis se retire ; le second poseur s'avance à son tour, déposant la pointe dans la cuvette du flanc, et la maintenant dans cette position, jusqu'à ce que le poinçon vienne appuyer sur elle. Le second poseur se retire, l'action du poinçon détermine l'emboutissure de la tête du clou, et la sertissure sur la pointe. Quand le poinçon se relève, un crochet s'avance et fait tomber le clou en dehors de la machine. Les opérations recommencent alors successivement dans le même ordre, ces diverses manœuvres qui correspondent à un tour complet du volant, sont obtenues par le jeu de cames convenablement disposées. Afin que la pointe ne soit ni écrasée, ni déviée de la position verticale, elle pénètre dans un conduit pratiqué à travers le poinçon et un petit ressort à boudin agit dans ce conduit sur un piston pour la maintenir toujours appuyée sur la rondelle. La figure 357 qui montre en coupe le poinçon avec un clou en confection, fait voir ce dernier détail. On fabrique ainsi 20,000 clous par jour.

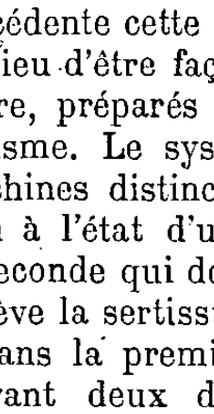


Fig. 357.

La machine conçue par M. Dubreuil, tout en arrivant aux mêmes résultats, présente avec la précédente cette différence, que les deux métaux au lieu d'être façonnés séparément, sont, au contraire, préparés simultanément par le même mécanisme. Le système comprend en réalité deux machines distinctes. La première qui prépare le clou à l'état d'une tête plate armée de sa pointe, la seconde qui donne la forme courbe à la tête et achève la sertissure sur la pointe.

Dans la première, on présente à la fois, mais suivant deux directions perpendiculaires, une planche de laiton et du fil de fer en botte, qui s'avancent l'un vers l'autre par deux mouvements successifs. En chemin le laiton reçoit la compression d'un poinçon, y laissant une empreinte profonde de 1/2 millimètre environ, et un peu plus large que la grosseur du fil employé. Puis l'extrémité du fil est amenée dans cette empreinte. La bande de laiton se trouve alors engagée entre les deux plaques d'un découpeur, et le fil entre les mordaches et le coupe-pointe d'une machine à clous ordinaires. Seulement la marche du découpoir a lieu en sens inverse de celui que présentent ordinairement ces outils. C'est-à-dire de bas en haut, le découpage ayant lieu, en soulevant la rondelle contre la machine à pointe dépourvue de fouloir. Les mordaches qui serrent le fil portent à leur tour une petite collerette saillante pénétrant dans le flan de laiton, et la

tête du clou se refoule en même temps qu'une légère sertissure du laiton l'emprisonne.

Le travail se trouve achevé quand le poinçon est parvenu au sommet de sa course. Lorsqu'il redescend, les mordaches laissent passer le fil, et un crochet rejette le clou achevé. Puis une nouvelle portion de fil s'engage dans les mordaches, pendant que la bande de laiton continue à avancer et à être poinçonnée et ainsi de suite. Le clou ainsi préparé, il faut pour le terminer, donner à la rondelle plate constituant la tête, la forme sphérique ou toute autre adoptée, et achever la sertissure sur la tête. Ces divers résultats sont obtenus à l'aide de la machine représentée figure 358, et qui, entre autres particularités intéressantes, présente un mode d'alimentation automatique très intéressant.

La machine comprend un estampoir horizontal agissant par pression. Le poinçon ou contre - partie de la matrice, sur lequel est la cavité où vient se modeler la tête du clou, est fixé invariablement au bâti. Il porte une cavité centrale où pénètre la pointe du clou, et une forme à l'extrémité, appropriée à l'exécution de la sertissure de la petite masse de cuivre sur la tige de fer ou pointe. La matrice est fixée à un piston qu'une came dépendante d'un arbre de rotation, fait mouvoir d'un mouvement alternatif de va et vient. Une particularité à noter à propos de ce travail d'emboutissage, c'est qu'il se produit non pas d'un seul coup, mais par deux actions successives, et cela par une disposition de deux saillies dans la came. On parvient ainsi à éviter totalement toutes les déchirures, qui se produisaient souvent sur la tête du clou.

L'alimentation automatique de la machine, s'obtient à l'aide du mécanisme suivant. Au-dessus de la machine est un plateau en forme d'écuelle terminé par un conduit à coulisse, analogue à ce que l'on connaît dans les jeux de chevaux de bois, pour les anneaux. Les clous préparés descendent, la pointe glissant dans la rainure de la coulisse. Le système peut recevoir une série de mouvements qui se décomposent de la façon suivante. Mouvement horizontal d'avancement entre le poinçon et la matrice ; mouvement vertical de relèvement, pendant lequel on provoque l'ouverture d'une pince qui retenait le premier clou se présentant sur la coulisse, lequel reste pris dans le poinçon ; mouvement horizontal de recul, et un dernier mouvement de descente vertical pour ramener le système au point de départ. Pendant que se sont exécutés ces quatre mouvements successifs, commandés par un jeu de cames, la matrice s'est avancée en produisant l'estampage, est revenue à son point de départ et une pince a fait tomber en dehors de la machine le clou terminé.

Les divers organes de la machine, dont nous venons de décrire le jeu, sont désignés ainsi qu'il suit sur la figure 358, A le bâti général, B l'arbre moteur, E la came à deux saillies agissant sur le piston F, qui porte la matrice I ; H, H' est un ressort à pincette provoquant le retour du piston en arrière quand la came cesse de le pousser ; J poinçon fixé invariablement au bâti, M plateau à rebord portant la gouttière et oscillant comme un balancier sur l'axe N perpendiculaire à la direction du piston F ; O coulisse, O' son axe d'oscillation ; P came qui en tournant produit l'évolution horizontale de la coulisse O, apportant un flan au poinçon J, ainsi que son évolution verticale ; R ressort ramenant la coulisse à son point de départ ; S galet guide. T pince fixée à la coulisse, oscillant autour de T', (représentée à part vue de face). Elle est ouverte par deux petits mentonnets fixés au bâti sur les côtés du poinçon J, butant contre U quand l'extrémité de la coulisse est amenée en ce point ; *b* est l'outil chasse-clou que commande un système de leviers non représentés sur le dessin.

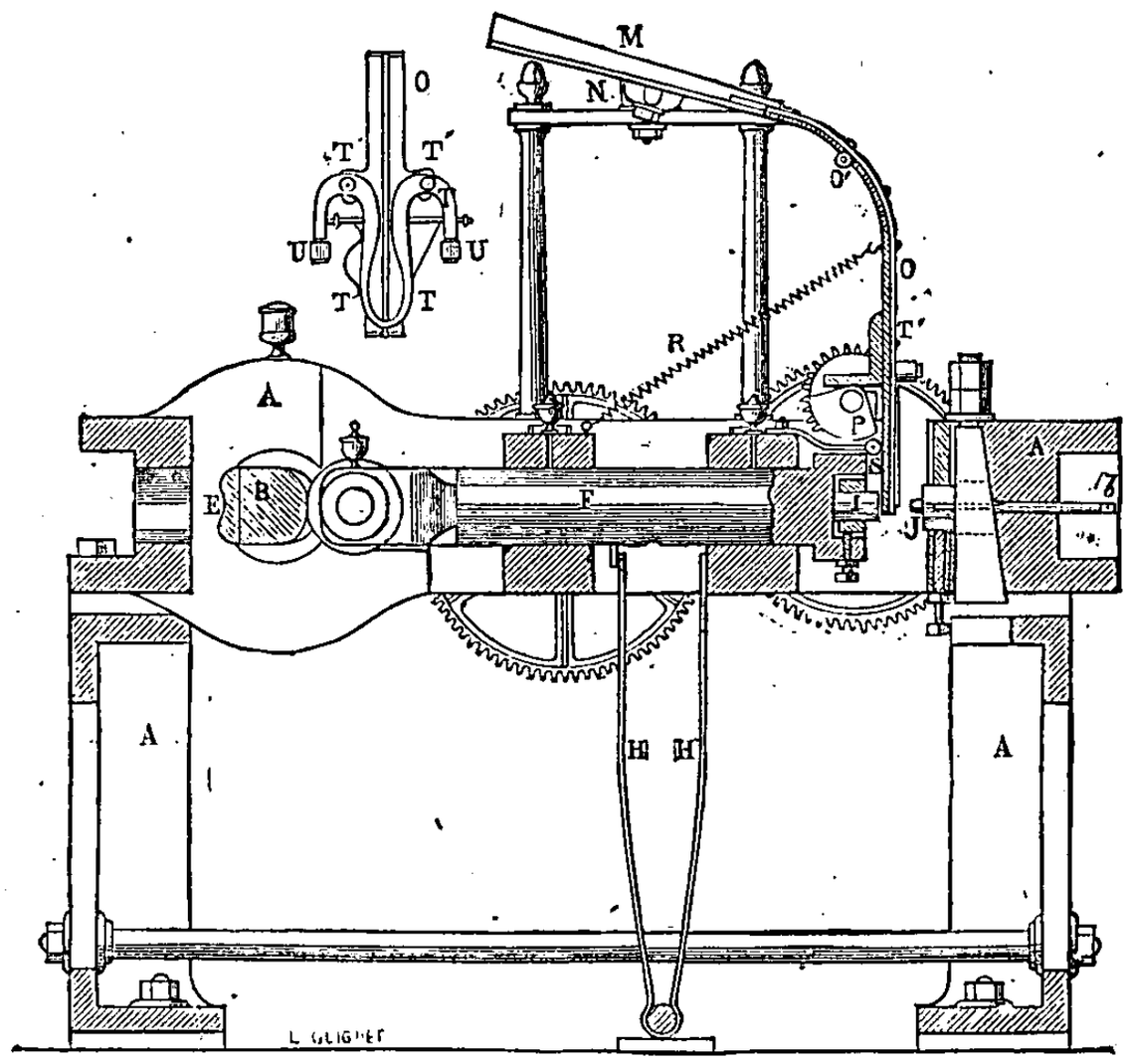


Fig. 358. — *Machine à fabriquer les clous de tapissier.*

Une semblable machine débite environ 45,000 clous par jour.

Clous en laiton. Ces clous en forme de pointe ordinaire, sont employés dans quelques travaux de tapisserie, gainerie, etc. Le laiton froid ne peut-être facilement débité dans la machine, et la fabrication mécanique de ces clous offrait des difficultés qui ont été résolues à la suite d'observation dues à M. L.-P. Crocker.

Il a en effet constaté qu'en chauffant le laiton au rouge, on peut en le passant à la machine obtenir des clous en blanc, auxquels on modèle une tête dans la machine spéciale. Ces clous reportés au rouge, et plongés brusquement dans l'eau froide, sont ensuite d'aussi bonne qualité que l'on peut désirer.

Clous à cheval. Les clous employés dans le ferrage des chevaux présentent, par rapport aux autres clous, des différences de forme qui rendaient assez compliquée leur fabrication mécanique. Ce clou, en effet, porte à son extrémité une surépaisseur, dite *grain d'orge*, qui a pour objet de permettre au maréchal ferrant d'affiler la pointe, afin qu'elle se dirige en dehors du sabot quand on chasse le clou. Au-dessus du grain d'orge est une partie plus mince, qui se prolonge vers le milieu de la tige, et c'est sur cet amincissement que le clou se coupe et se rive. A partir du milieu de la longueur des clous, l'épaisseur de la tige augmente progressivement jusque sous la tête, qui a la forme d'un petit tronc de pyramide très aplati. Ce problème, assez complexe, est cependant résolu complètement par diverses machines.

Dans la machine de M. Laurent, un ouvrier introduit à fond, dans une mâchoire limitée par un arrêt, réglé à volonté, une baguette de fer portée au rouge clair sur un fourneau voisin. Cette baguette, saisie par la machine, en sortira transformée en clou forgé, sans qu'on ait plus à s'en occuper. Elle est conduite en regard de quatre marteaux forgeurs, montés dans des plans perpendiculaires en deux paires, et travaillant chacune alternativement à raison de 500 coups par minute. Ces marteaux sont portés sur des arbres coudés avec excentrique, commandés par la roue centrale. Afin de prévoir l'usure, chaque marteau porte une étampe mobile dont le profil, composé d'un plan incliné, d'une partie presque droite avec un petit prolongement surbaissé, correspond à celui du clou. Une étampe semblable peut forger 2,000 clous, avant qu'il soit nécessaire de la remplacer.

La roue centrale commande un arbre, tournant dans une direction parallèle aux précédents, mais qui n'exécute qu'un seul tour pendant la période de confection d'un clou. Cet arbre, à son tour, en actionne un parallèle, mais susceptible seulement d'un mouvement de va-et-vient, cela au moyen d'un excentrique. Ce dernier arbre traverse un manchon qui tourne autour de lui, grâce à un nouvel excentrique, porté par le précédent et qui participe en même temps du mouvement alternatif de va-et-vient.

C'est ce manchon qui porte, diamétralement opposées entre elles, deux mâchoires, dans l'une desquelles nous avons vu introduire la baguette de fer; son mouvement de va-et-vient a pour effet d'amener la baguette entre les marteaux, puis de la retirer pour l'engager dans une matrice, où la tige est coupée de longueur et la tête refoulée, et d'où un système de pinces expulse le clou achevé. Pendant que s'exécutent ces dernières opérations, la seconde mâchoire est venue prendre la place de la première, et une autre baguette est portée sous les marteaux.

La construction des marteaux est très ingénieuse, elle permet, tout en leur donnant une course uniforme, de modifier l'écartement entre les étampes, suivant les épaisseurs de métal que présente alors le clou. A cet effet, ils sont composés de deux parties emboîtées l'une dans l'autre, toujours maintenues en contact par un ressort énergique contre un coin, qu'une came de profil convenable fait plus ou moins avancer suivant le degré du travail, réglant ainsi convenablement la longueur des marteaux.

Enfin une dernière came, dont le profil a été également étudié d'une façon particulière, détermine l'avancement de la baguette entre les marteaux pour que la quantité de métal offerte soit proportionnelle à l'épaisseur de la pièce. Une semblable machine peut débiter 6,000 clous à l'heure.

La machine, due à M. Brundage, et à l'aide de laquelle l'industrie des Ardennes a monté, sur une grande échelle, la fabrication mécanique des clous à cheval est conçue sur un mode très différent de la précédente.

Un marteau pilon à vapeur, de forme circulaire et de $0^m,40$ environ de diamètre, bat sur une enclume de même forme, disposée au centre d'une couronne circulaire en fonte, dentée à l'intérieur et portant sur son contour une série d'ouvertures, contenant des mâchoires en forme de pince tenaille. Lorsque la machine fonctionne, on vient présenter sur une plateforme, s'élevant de quelques centimètres au-dessus de la couronne, les tiges de fer chauffées seulement au rouge pâle. A la tête de cette plateforme une cisaille, mue par une came, coupe les tiges en tronçons de 25 à 30 millimètres qui sont portés mécaniquement dans la mâchoire, située en regard, et cela à tous les coups d'ordre impair que frappe le marteau.

La couronne circulaire avance d'une division à chaque coup de marteau, présentant chaque fois, sous une face différente, la tige de fer qui est ainsi étirée, matricée sur ses deux faces, et abandonnée enfin par un jeu d'ouverture de la tenaille, provoquée à la dernière station avant son point de départ. La couronne porte 24 tenailles, et la machine débite 12,000 clous à l'heure.

Un des grands avantages qu'elle présente, consiste en ce que le fer, toujours travaillé dans le sens du fil, n'est pas altéré, et que la rapidité de l'opération permet de ne porter les baguettes qu'à une température relativement peu élevée. — R.

Clou. *T. de min.* Barre de fer verticale fixée devant la flèche d'un *chien de mine* et qui maintient le chariot dans sa position normale. || Fragments durs et informes que l'on rencontre dans le marbre. || *T. de tapiss.* Cheville à l'usage des tapissiers de basse-lisse pour faire tourner l'ensuple. || *T. de typogr. Tête de clou.* Caractère d'imprimerie usé, écrasé.

***CLOUÉ.** *Art hérald.* Se dit d'un fer à cheval, d'un collier de chien ou de toute pièce où il y a des clous d'un émail particulier.

* **CLOUET.** *T. techn.* Petit ciseau de fer à tête, à l'usage des tonneliers.

* **CLOUET** (JEAN-FRANÇOIS), chimiste, né à Singly (Ardennes) en 1751, mort en 1801. Professeur à Mezières, il fit d'intéressantes études sur les émaux, le salpêtre, les propriétés du fer, etc.; il découvrit la fabrication de l'acier fondu qu'il mit en œuvre à l'usine de Doigny. Les arsenaux de Douai et de Metz purent ainsi, à l'époque de la Révolution, fabriquer les armes de nos armées sans avoir recours à la métallurgie étrangère. Au siège de la Bastille, il faillit être tué par le peuple qui le prenait pour De Launay, gouverneur. Clouet quitta l'établissement de Doigny, pour aller à Cayenne compléter ses recherches sur la transformation des végétaux. Il y mourut victime du climat. Presque tous les travaux de Clouet sont consignés dans le *Journal de chimie* et dans les *Annales des mines*.

* **CLOUTAGE.** *T. techn.* Action d'enfoncer un clou. Il se dit surtout de l'opération qui consiste à relier le fer à la corne du sabot du cheval. On dit aussi le *cloutage à glaces*, pour désigner les clous supplémentaires ajoutés aux fers des chevaux en temps de gelée.

* **CLOUTER.** *T. techn.* Garnir de clous. On cloute des boîtes, des coffrets, des chaussures, etc.

* **CLOUTÈRE.** *T. techn.* Petite enclume de cloutier.

CLOUTERIE. Atelier où l'on fabrique des clous.

CLOUTIER. *T. de mét.* Celui qui fait ou vend des clous.

* **CLOUTIÈRE.** *T. techn.* Boîte à compartiment dans laquelle on classe les clous de diverses grosseurs. Pieu de fer ayant des trous de différentes grosseurs et servant du moule aux cloutiers ou autres ouvriers pour former des têtes de clous, des chevilles, etc. On dit aussi *clouère*, *clouière*, *cloutère*, *clouvière*.

* **CLOUURE.** *T. techn.* Opération de chaudronnerie qui consiste à réunir des feuilles de tôle à rattacher par des rivets. L'expression de clouure est restreinte quelquefois au travail des tôles de cuivre, mais autrement, elle est identique à celle de rivure, et comme d'ailleurs ce travail s'opère d'après les mêmes principes et dans des conditions analogues, quelle que soit la nature du métal employé, fer ou cuivre, nous renvoyons au mot RIVURE les détails complémentaires qu'il convient d'ajouter à ceux que nous avons donnés au mot CHAUDRONNERIE. — V. CHAUDRONNERIE et RIVURE.

* **CLUNY** (Point de). On donne ce nom à une sorte de tulle fantaisie épais et lourd, fabriqué avec du coton en gros numéros, et qu'on trouve dans le commerce en petites bandes de 10 centimètres environ. Le point de cluny, qu'on appelle quelquefois *dentelle de cluny*, mais à tort, puisque la vraie dentelle ne se fait qu'à la main, est surtout usité pour la confection des bonnets de femmes, coiffures, mantilles, etc. Dans ces derniers temps, il a joui d'une grande vogue. — V. DENTELLE, TULLE.

* **CLUNY** (Musée de). — V. MUSÉE.

* **CLYSO-INJECTEUR.** Sorte de clysoir pour injections.

CLYSOIR. Tube en tissu imperméable et terminé par une canule, qui sert à prendre des lavements.

* **CLYSOPOMPE.** Sorte de petite pompe à jet continu qui a remplacé la seringue et le clysoir.

* **CLYTIE.** *Myth.* Fille de l'Océan et de Thétys; elle fut aimée d'Apollon qui l'abandonna pour Leucothoé; désespérée elle se laissa mourir de faim. On l'a représentée couronnée de fleurs, assise sur une roche et regardant le Dieu qu'elle aima jusqu'à la mort.

* **CNÉMIDE.** *T. d'ant.* Espèce de jambière défensive que portaient les guerriers de l'antiquité. — V. ARMURE.

COALITION. On désigne ainsi, dans la langue économique, une association de personnes ou de capitaux ayant pour objet ou pour résultat de provoquer une hausse des prix ou des salaires.

La coalition se produit sous les formes et dans les circonstances les plus diverses; citons en quelques exemples.

Sur les marchés faiblement approvisionnés ou ne comptant que très peu de marchands, ces derniers se concertent toujours pour élever les prix à un taux supérieur à celui des marchés placés dans des conditions meilleures. On en a des exemples remarquables dans les grandes villes, à Paris notamment, où les prix s'élèvent ou s'abaissent selon le degré d'excentricité et la mesure d'approvisionnement des quartiers.

On doit considérer comme les plus dangereuses les coalitions qui portent sur les denrées alimentaires, et ce sont les plus nombreuses. Dans les localités sans marchés périodiques ou permanents, et qui ne comptent que très peu de détaillants, les consommateurs sont entièrement à la discrétion de ces derniers; or la tendance à en abuser est générale.

Pour mettre obstacle à cette coalition, résultant en quelque sorte de la force même des choses, l'ancienne législation, encore en vigueur, mais tombée en désuétude, conférait à l'autorité municipale le droit de taxer, d'après les mercuriales, le prix du pain et même de la viande. A l'exemple donné par la ville de Paris, les maires de province ayant partout renoncé à l'exercice de ce droit, les prix ont aussitôt remonté partout dans une forte proportion.

A l'époque, heureusement loin de nous, où le transport des céréales de province à province rencontrait, dans les douanes intérieures, de très grandes difficultés et où l'importation étrangère était soumise à des formalités sans nombre, il n'était pas rare de voir se produire de véritables accaparements par les marchands de blé, et, à ce point de vue, le *pacte de famine* n'était pas une fiction. Les producteurs eux-mêmes se coalisaient en refusant d'approvisonner les marchés. Dans ce cas, l'autorité locale était obligée de réquisition-

ner les blés et d'édicter de fortes amendes contre les détenteurs qui les cachaient ou refusaient de les vendre. Ces coalitions sont beaucoup plus difficiles aujourd'hui, si ce n'est impossibles, par suite de la liberté absolue des transports à l'intérieur et de la libre entrée, à des droits généralement très réduits, des céréales de l'étranger.

Mais il est une coalition qui se produit aujourd'hui sur une assez grande échelle pour amener une hausse du prix des denrées alimentaires dans les villes. Nous voulons parler de ces achats en gros dans les fermes mêmes, qui dispensent les cultivateurs de porter leurs produits au marché, ainsi faiblement approvisionné. Heureusement que l'extension du réseau ferré, en augmentant le rayon d'approvisionnement de ces villes, atténue sensiblement les inconvénients d'une semblable spéculation.

Toujours en ce qui concerne les produits alimentaires, on peut dire qu'en général les établissements chargés de leur préparation et de leur débit, comme les boulangeries et les boucheries, exigeant un capital relativement élevé, sont partout en petit nombre. De là une coalition facile à établir et qui pèse lourdement sur le consommateur. Les bénéfices de ces établissements sont clairement indiqués par ce fait que leurs faillites sont extrêmement rares.

Spécialement le haut commerce de la boucherie, tel qu'il est fait par les *chevillards*, c'est-à-dire par les capitalistes, en très petit nombre, achetant la viande sur pied, pour la revendre en détail à des confrères moins riches, constitue une véritable coalition, funeste à la fois pour le producteur et le consommateur.

L'association des capitaux pour la vente des produits industriels a conduit, dans ces dernières années, à des coalitions d'une nature particulière. Nous faisons allusion à la formation de ces grandes maisons qui, en achetant en fabrique par quantités considérables, puis à peu près au comptant, obtiennent ainsi des conditions exceptionnellement favorables que ne peuvent avoir les petits négociants, obligés en outre, surtout en province, d'accorder à leur clientèle des facilités de payement. Ces négociants succombent tous successivement devant cette concurrence redoutable.

Le même fait se produit dans l'industrie. Par degré, les petites fabriques disparaissent pour faire place à de vastes usines qui, par l'emploi des machines, fabriquent à meilleur marché. Or les chefs de ces usines (houillères, métallurgie, etc.), réunis en syndicat, arrêtent, chaque année, les prix de leurs produits, non pas, comme on pourrait le croire, arbitrairement, — car ils sont obligés de tenir compte des *possibilités* de la consommation puis de la concurrence étrangère, — mais peut-être avec une prédilection trop marquée pour les intérêts de leurs actionnaires. Mais ici, le gouvernement est armé d'un moyen à peu près certain de prévenir les abus de ces coalitions; c'est l'abaissement des droits de douane.

Les opérations de crédit entre particuliers sont soumises, pour leurs conditions, à l'abondance ou à la rareté relatives des capitaux, et, en outre, à la dissémination ou à la concentration de ces capitaux dans de grands établissements. S'ils sont abondants, ils se font naturellement concurrence et se prêtent à des prix modérés. S'ils sont rares, ils se coalisent en quelque sorte instinctivement et leurs détenteurs stipulent des taux qui s'élèvent en raison du nombre des emprunteurs. Leur rareté relative, par suite de leur concentration dans de grands établissements de crédit, produit le même effet, les emprunteurs étant obligés de s'adresser à ces établissements, que leur petit nombre met en mesure de faire la loi.

Les coalitions de capitalistes ont été prévues par le législateur qui a cru les combattre efficacement par des lois sur l'usure. Mais l'expérience a prouvé que ces lois sont facilement éludées; aussi ont-elles été abolies ou sensiblement adoucies dans plusieurs Etats.

Dans les pays à faibles capitaux, ou dans ceux où le crédit public laisse à désirer par suite d'une situation financière difficile, il est une coalition qui se forme inévitablement dès que le gouvernement est obligé de contracter un emprunt; c'est celle des grandes maisons de banque, à l'intermédiaire desquelles il est contraint de recourir. Les conditions imposées par ces maisons varient en raison du degré de solvabilité de l'Etat emprunteur et de la situation du marché monétaire, c'est-à-dire de la facilité plus ou moins grande avec laquelle elles pourront négocier les titres à émettre et du bénéfice probable que leur procurera cette négociation. En cas de doute à ce sujet, elles refusent de prendre *ferme* l'emprunt pour ne le placer que moyennant commission.

Cette coalition n'est pas possible dans les Etats dont le crédit est solidement établi, parce que leurs gouvernements peuvent s'adresser directement au public.

Mais, même dans ces Etats, nous voyons de grands capitalistes se coaliser pour dominer le marché monétaire. Ainsi la plupart des Bourses en Europe sont sous l'influence d'un syndicat de gros banquiers qui, opérant sur des masses de titres à la fois, y font, au gré de leurs intérêts, la hausse ou la baisse. Il faut reconnaître, toutefois, que cette influence n'est pas toujours et absolument mauvaise. Elle fournit assez souvent aux petits spéculateurs, par l'abstention ou l'intervention active du syndicat, des indices sur la situation réelle du marché et les détourne ainsi de certaines opérations dangereuses.

Il est, en dehors des emprunts publics, des cas où les coalitions peuvent encore porter un préjudice sensible aux finances d'un pays; ce sont celles que forment de grands établissements industriels, quand le gouvernement met en adjudication de fortes fournitures pour l'armée et la marine ou de grands travaux publics. Ces établissements étant les seuls qui puissent concourir pour ces fournitures ou travaux, se concertent et offrent des prix de beaucoup supérieurs à la dépense réelle. Dans ce cas, les gouvernements n'ont rien de mieux à faire que de traiter séparément avec un des associés qu'ils auront réussi à détacher de la coalition,

et si cette combinaison échoue, ils passent forcément sous les fourches caudines.

Allons plus loin et disons que tout monopole est une coalition d'intérêts privés contre l'intérêt général. Quand, par exemple, pour assurer la régularité des transactions mobilières, les gouvernements ont créé des charges de courtiers en marchandises (supprimées en France, moyennant indemnité, depuis quelques années), de commissaires-priseurs, d'agents de change, puis, dans l'intérêt présumé de la bonne administration de la justice, des charges d'avoués, d'huissiers; enfin, pour la sécurité des transactions immobilières, des charges de notaires, ils ont institué de véritables monopoles qui pèsent lourdement sur les intéressés malgré des tarifs d'honoraires plus ou moins ouvertement éludés.

Nous arrivons aux coalitions qui ont pour but de faire hausser ou baisser indûment les salaires. Nous renvoyons au mot GRÈVE pour l'étude de celle des ouvriers contre les patrons, pour ne nous occuper ici que des coalitions que l'on prétend se former entre les patrons contre les ouvriers. Disons immédiatement que ces dernières sont fort rares ; nous en connaissons qui se sont formées pour résister à d'injustes exigences, mais non pour en imposer de semblables.

Les coalitions des patrons pour augmenter leurs profits aux dépens des ouvriers, trouveraient tout d'abord un premier et redoutable obstacle dans les manifestations de l'opinion publique indignée, puis, en l'absence de chambres syndicales, ces coalitions rencontreraient de très grandes difficultés.

D'un autre côté, les fabricants (nous ne parlons pas de la grande industrie) ont des intérêts très divergents, par suite de différences considérables dans l'importance de leurs établissements. C'est ainsi qu'un patron qui dispose d'un capital important, qui a un grand mouvement d'affaires, peut supporter plus facilement une hausse des salaires que des confrères moins heureux. Et comme nous supposons qu'il a constamment des commandes importantes qui iraient à l'étranger s'il ne les exécutait pas dans les délais fixés, il est plus disposé à céder à une coalition d'ouvriers. Cette inégalité de situation crée, en outre, entre les fabricants, des sentiments d'envie, de jalousie et presque d'inimitié qui rendraient un accord très difficile. Les ouvriers n'ont pas, entre eux, de causes de dissentiment de cette nature. Il faut leur rendre, en outre, cette justice que, pour soutenir la grève, ils n'hésitent pas à se cotiser et à venir en aide, au prix de sacrifices assez lourds, à ceux qu'elle éprouve le plus. Or, nous ne savons pas si les patrons pratiqueraient le même esprit de dévouement, d'abnégation. Puis, les ouvriers recourent, au mépris de la loi, contre leurs camarades récalcitrants, à des mesures d'intimidation et de violence que ne pourraient évidemment prendre les patrons contre leurs confrères. A tous ces points de vue, les coalitions de patrons, au moins les coalitions dans le but de réduire les salaires, bien entendu en dehors des circonstances de force majeure qui rendent cette réduction nécessaire, doivent être fort rares. Elles ne sauraient être, d'ailleurs, de longue durée, les bénéfices qu'elles procureraient à leurs auteurs devant amener, dans leur industrie, une concurrence qui conduirait forcément à un relèvement du prix de la main-d'œuvre.

Nous avons dû faire une réserve pour le cas, hélas trop fréquent, où, par suite d'une crise frappant leur industrie, les patrons sont réduits à la cruelle nécessité ou de réduire les salaires ou de renvoyer une partie de leurs ouvriers, peut-être de prendre les deux mesures à la fois. Et encore, par un sentiment d'humanité, beaucoup, dans cette situation critique, continuent à occuper leurs ouvriers dans l'espérance de la fin prochaine de la crise et ne se décident qu'à la dernière extrémité, à fermer leurs ateliers.

En Angleterre, où l'industrie subit assez souvent des épreuves de cette nature, les patrons soumettent loyalement à une délégation de leurs ouvriers leurs livres de commerce, et les mettent ainsi en mesure d'apprécier les causes d'une diminution des salaires ou du renvoi d'une partie de leurs camarades.

Nous admettons également une entente des patrons, non pas pour faire baisser les salaires, mais pour en amener, autant que possible, le nivellement. Les lois de la loyale concurrence seraient violées, en effet, si un grand industriel attirait à lui, par une hausse des salaires, tous les bras disponibles, et mettait ainsi ses rivaux dans l'impossibilité de travailler.

Les coalitions des patrons dans le but d'élever le prix de leurs produits rencontreraient deux obstacles difficiles à surmonter. Le premier serait, comme nous l'avons dit, la concurrence amenée par des bénéfices insolites; le second, s'il ne s'agissait pas de produits d'un usage indispensable, serait la grève des consommateurs. Mais si la coalition portait sur des objets nécessaires à la vie, notamment sur des denrées alimentaires, elle serait coupable au plus haut degré, et, dans ce cas, le gouvernement serait justifié de recourir à la taxation du prix de ces objets ou mieux encore d'en favoriser l'importation par l'abaissement des droits de douane. Ces deux mesures seraient de beaucoup préférables à celle que, dans certaines communes, l'autorité locale avait cru devoir prendre, à la suite d'une hausse rapide des prix due précisément à la suppression de la taxe, de créer des boulangeries et des boucheries municipales. C'était en effet une nouvelle coalition établie contre la première et dans des conditions de lutte tout à fait inégales.

Nous n'admettons la légitimité de la coalition des patrons que lorsqu'elle a pour objet de combattre celle des ouvriers et lorsque ces derniers, pour faire triompher des exigences excessives, mettent en interdit les établissements qui refusent de les accepter. Il s'agit, en effet, dans ce cas, du droit de légitime défense. Ils doivent résister d'autant plus énergiquement aujourd'hui que les réclamations des ouvriers se compliquent d'éléments révolutionnaires, et que toute concession aurait le double et grave inconvénient d'imposer des char-

ges nouvelles à des industries déjà placées peut-être dans des conditions difficiles, et surtout de laisser croire aux ouvriers qu'ils constituent aujourd'hui une puissance à laquelle il n'est plus possible de résister. C'est, en effet, le langage que tiennent les chefs de leur parti.

Il faut donc que, dans ce cas, la coalition des patrons égale en fermeté, en résolution celle des ouvriers et qu'au besoin ils remplacent les grévistes, s'ils le peuvent, par des ouvriers de la province et même de l'étranger. Il faut encore, si la nature de leur industrie le permet, qu'ils recourent, dans la plus large mesure possible, à la substitution des machines aux bras. Il est certain que c'est à la fréquence des grèves qu'est dû le développement considérable, en Angleterre et aux Etats-Unis, de l'application des forces mécaniques à l'industrie. Nous leur donnerions, en outre, le conseil de ne plus recevoir dans leurs ateliers les instigateurs de la coalition.

Il n'est pas douteux, d'ailleurs, qu'un acte de faiblesse des patrons aurait pour conséquence inévitable de nouvelles exigences à très bref délai et la ruine prochaine de leur industrie.

Leur résistance est d'autant plus nécessaire aujourd'hui, qu'ils sont complètement abandonnés par l'autorité judiciaire, qui, en l'absence d'instructions d'un gouvernement intimidé, paraît avoir renoncé à l'application de la loi qui punit la coalition accompagnée de menaces et d'actes de violence. — A. L.

***COALTAR.** Goudron qui provient de la distillation de la houille, et que l'on emploie dans diverses préparations.

COBALT. *T. de chim.* Corps simple métallique, découvert par Brandt en 1733 et dont le nom dérive de *Kobold*, le génie des mines de la mythologie germanique.

Propriétés du cobalt. Le cobalt est un métal blanc avec reflet légèrement rougeâtre et offrant un vif éclat lorsqu'il est poli ; il est très ductile et très tenace, il se laisse souder à lui-même par martelage à chaud, sa cassure est à grains fins, sa densité varie de 8,5 à 8,7 ; il est attirable par l'aimant et peut être aimanté ; son point de fusion est compris entre 1,600° et 2,000°. Son symbole chimique est Co, son poids atomique 59 et son équivalent 29,5. Le cobalt fondu est poreux, cristallin, fragile et difficilement malléable ; mais on peut, suivant Fleitmann (d'Iserlohm), modifier sa texture et lui communiquer une grande malléabilité en le fondant avec un peu de magnésium ; le métal ainsi modifié offre une ténacité comparable à celle de l'acier, il peut prendre un beau poli et il est plus blanc et plus brillant que le nickel, il est malléable à chaud et possède une grande dureté à froid ; on peut le souder au rouge blanc au fer et à l'acier.

Le cobalt est inaltérable à l'air à la température ordinaire, mais, comme le fer, il brûle dans l'oxygène à une température élevée, et il décompose l'eau au rouge. Il s'unit directement avec les métalloïdes : soufre, halogènes, phosphore, arsenic, antimoine et silicium. Les acides sulfurique et chlorhydrique étendus le dissolvent facilement avec dégagement d'hydrogène ; à froid l'acide azotique monohydraté n'attaque pas le cobalt, mais à chaud, il le dissout rapidement, même s'il est plus étendu. De même que le cuivre, l'argent, l'or, le nickel, etc., le cobalt peut, au moyen du courant galvanique, être déposé sur d'autres métaux sous forme d'une couche adhérente et continue. — V. Cobaltage.

Préparation du Cobalt. On obtient du cobalt métallique, en réduisant par l'hydrogène le chlorure ou l'oxyde de cobalt, ou bien en calcinant à l'abri de l'air l'oxalate de cobalt. Dans le premier cas, le métal se présente sous forme d'une poudre pyrophorique, et dans le second, sous forme d'une éponge, qu'on peut réunir en un culot, en la fondant dans un double creuset en chaux à une haute température. Suivant Thompson, on calcine, dans un creuset brasqué et couvert, un mélange de 2 parties d'oxyde de cobalt pur avec 1 partie de crême de tartre ; on chauffe pendant six heures à la température de fusion de l'acier. Le culot ainsi obtenu contient du carbone, qu'on élimine en le refondant avec 2 parties d'oxyde de cobalt et 1 partie de borax.

Minerais de cobalt. Les minerais de cobalt les plus importants sont : la smaltine ou cobalt arsenical (arséniure de cobalt) et la cobaltine ou cobalt gris (sulfoarséniure de cobalt).

La *smaltine, cobalt arsénical*, $CoAs^2$, avec 28,2 0/0 de cobalt, se rencontre sous forme de cristaux cubiques ou en masses cristallines compactes, d'un blanc d'étain ou d'un gris d'acier ; elle est fragile, à cassure grenue, sa dureté est de 5,5 à 6, sa densité 6,4 à 7,3, elle donne un trait gris noir et une poussière gris noirâtre. Chauffée dans un tube fermé à un bout, elle donne un léger sublimé d'arsenic métallique, dans un tube ouvert aux deux bouts, elle fournit un sublimé d'acide arsénieux ; sur le charbon, elle fond facilement, en dégageant une forte odeur d'arsenic et donne un globule cassant gris et magnétique. Elle est facilement décomposée par l'acide azotique et donne à chaud avec cet acide une solution avec dépôt d'acide arsénieux. La smaltine se trouve en Saxe, à Freiberg, à Schneeberg et à Annaberg, en Bohême, à Joachimsthal, en Hongrie à Dobschan, dans la Hesse, à Riechelsdorf, en Suède, à Tunaberg, en France, à Allemont (Isère), dans la Cornouaille, dans le Missouri, etc. Elle se rencontre souvent dans les filons avec d'autres minerais de cobalt et de nickel et à côté de minerais de cuivre ou d'argent.

La *cobaltine, cobalt gris, kobaltglanz*, CoAsS, avec 35,5 0/0 de cobalt, est un minéral d'un éclat métallique assez vif, blanc d'argent ou blanc rougeâtre et cristallisant dans le système cubique. Elle donne un trait noir gris et une poussière gris-noirâtre ; dureté 5,5, densité 6 à 6,3. Chauffée dans un tube ouvert aux deux bouts, elle dégage de l'acide sulfureux et de l'acide arsénieux, au rouge dans un tube fermé, elle ne donne rien (H. Rose) ; sur le charbon elle dégage une forte odeur d'arsenic et fond en un globule gris légère-

ment magnétique; elle se dissout dans l'acide azotique, en donnant un dépôt d'acide arsénieux et de soufre et une solution rouge. On rencontre des gisements de cobaltine en Suède, à Tunaberg et à Vena, en Norwège, à Skutterud, en Silésie, à Querbach, en Westphalie à Siegen, dans le Caucase à Daschkessan, près Elisabethpol, où elle forme un dépôt de 60 à 65 centimètres d'épaisseur.

Les autres minerais de cobalt: la skuttérudite, la linnéite, l'érythrine, la biebérite et l'asbolane offrent une importance beaucoup moindre que la smaltine et la cobaltine, qu'ils accompagnent et dont souvent ils recouvrent la surface.

Les minerais de cobalt sont presque toujours mélangés avec des quantités plus ou moins grandes de sulfures et d'arséniosulfures de fer et de nickel.

Le cobalt se rencontre également dans la plupart des minerais de nickel, ainsi que dans les météorites, où il se trouve associé au nickel et au fer.

Chauffés au chalumeau avec le borax, tous les minerais de cobalt donnent des perles bleues, aussi bien dans la flamme d'oxydation que dans ta flamme de réduction; lorsque le minerai est très riche en cobalt, la perle est presque noire, mais sa poudre est bleue. La présence du manganèse et du fer en quantité un peu forte change en violet ou en vert la couleur bleue de la perle, mais cette couleur passe au bleu si l'on chauffe la perle dans la flamme de réduction.

Smalt. Les minerais de cobalt sont presque exclusivement employés pour préparer des couleurs, parmi lesquelles le *smalt*, dont il a été déjà question précédemment (V. Bleu, § *Bleu d'azur*), est la plus importante.

Pour fabriquer le smalt ou bleu d'azur, on soumet d'abord les minerais à un grillage, afin d'oxyder le cobalt et de volatiliser la majeure partie du soufre et de l'arsenic. Cette opération est pratiquée dans un four à reverbère avec foyer latéral et la flamme, sortant du côté opposé, se rend dans un canal qui la conduit dans des chambres de condensation où se dépose l'acide arsénieux. Le minerai pulvérisé est étendu en couches de 10 à 12 centimètres d'épaisseur sur la sole du four, et les surfaces sont renouvelées de temps en temps avec un ringard, jusqu'à ce que le grillage soit achevé. Celui-ci doit être conduit de façon à ce qu'il reste dans le minerai une certaine quantité de soufre et d'arsenic, qui, lors de la fusion, en vue de la préparation du smalt, auront pour effet d'éliminer, sous forme d'arséniosulfures, le fer et le nickel, lesquels, sans cela, passeraient dans le smalt et lui communiqueraient une teinte verdâtre. Le produit du grillage est désigné sous le nom de *safre* et distingué, suivant sa pureté, en safre ordinaire (OS), safre moyen (MS) et safre fin (FS et FFS); il consiste essentiellement en sesquioxyde et protoxyde de cobalt, arsenic, nickel, avec des traces d'oxyde de manganèse, d'oxyde de bismuth, etc. On mélange ensuite le safre tamisé avec du sable quartzeux très pur en les passant ensemble entre des meules, puis on ajoute au mélange du carbonate de potassium fritté, et enfin on fond le tout au rouge blanc dans des creusets en terre réfractaire, placés circulairement dans un four à verre. La fusion est ordinairement terminée au bout de sept à huit heures; on puise alors le smalt avec des poches en tôle enduites d'argile et on le verse dans l'eau froide pour l'étonner et rendre ainsi sa pulvérisation plus facile.

Le smalt consiste essentiellement en un *silicate double de protoxyde de cobalt et de potassium*, toujours mélangé avec un peu de verre soluble, qui au point de vue technique en augmente la valeur, mais dont la quantité ne doit jamais s'élever beaucoup au-dessus de 1 0/0. Le smalt de bonne qualité se laisse pelotonner entre les doigts, il n'est pas sablonneux et reste inaltéré au contact des acides.

Pendant la fusion avec le sable et la potasse, le nickel, le cuivre, le bismuth, l'arsenic, le soufre, etc., se rassemblent au fond des creusets, au-dessous du smalt fondu, et forment après refroidissement une masse qui porte le nom de *speiss*. Celui-ci offre une coloration blanc rougeâtre, il a un éclat métallique et une cassure à grains fins; il renferme 40 à 56 0/0 de nickel et 20 à 44 0/0 d'arsenic. Le speiss est une des matières les plus importantes pour la préparation du nickel.

Extraction du cobalt de ses minerais. Pour extraire le cobalt de ses minerais, on peut suivre la méthode suivante, due à Wöhler. On mélange 1 partie du minerai (cobalt arsenical) finement pulvérisé avec 3 parties de carbonate de potassium et 3 parties de soufre, puis on fond le mélange dans un creuset. On répète l'opération une seconde fois, en employant un mélange de sulfate de potassium et de charbon et en évitant un chauffage trop fort. On lave avec soin le résidu refroidi avec de l'eau bouillante, on le grille, puis on le dissout dans l'acide sulfurique ou chlorhydrique. La solution, qui renferme le cobalt avec du nickel, du fer et du cuivre, est traitée d'abord par le carbonate de sodium, qui précipite le fer, puis par l'hydrogène sulfuré, qui sépare le cuivre; elle ne contient plus alors que du cobalt et du nickel. Pour séparer le cobalt, on traite de nouveau la liqueur filtrée par le carbonate de sodium, tant qu'il se forme un précipité rose de carbonate de cobalt, qu'on isole par le filtre aussitôt qu'on voit apparaître un précipité verdâtre (de carbonate de nickel). On lave avec soin le carbonate de cobalt, on le fait sécher d'abord à l'air libre, puis à l'étuve et on le calcine. L'oxyde de cobalt ainsi obtenu est ensuite réduit; à cet effet, on le mélange intimement avec de l'amidon ou de la farine de froment, on introduit ce mélange dans un creuset réfractaire que l'on place dans un second creuset, en remplissant l'intervalle avec de la poudre de charbon de bois; on obtient ainsi le cobalt sous forme d'une poudre noire, contenant plus ou moins de carbone.

Pour transformer en lingots le cobalt réduit, on le fond dans des creusets réfractaires. Cette fusion, qui a aussi pour effet d'éliminer le carbone retenu par le cobalt, n'est pas sans offrir quelques diffi-

cultés, aussitôt que l'on a affaire à des quantités un peu grandes de métal. Dans ce cas, on peut suivre le procédé suivant, dû à Winkler. On mélange d'abord le cobalt pulvérulent avec un peu d'oxyde, afin de brûler le carbone combiné, puis on charge les métaux dans un creuset en porcelaine d'Elgersburg; on introduit ensuite ce dernier dans un creuset de Hesse, en remplissant l'espace vide avec de la magnésie, enfin le creuset de Hesse est placé lui-même dans un creuset de graphite brasqué avec de l'argile réfractaire. On met par dessus le tout un couvercle très épais, qu'on lute avec du kaolin et du silicate de sodium, en ménageant une petite ouverture pour la sortie des gaz. Cela fait, on introduit ce triple creuset dans un fourneau en matériaux réfractaires, muni d'une haute cheminée et dont la grille est remplacée par une plaque de fer percée de trous, au-dessous de laquelle on fait arriver le vent d'une bonne soufflerie; le creuset est placé au milieu de la plaque sur un fromage en argile réfractaire. On porte d'abord le fourneau au rouge à l'aide d'un feu de charbon de bois, on enlève ensuite celui-ci, pour le remplacer par un mélange de 1 volume de coke et de 2 volumes de charbon de bois; cinq minutes après, on ajoute un nouveau mélange, à volumes égaux, de coke et de charbon, et on termine avec du coke seul. Au bout de vingt minutes, le métal est en pleine fusion; on retire alors le combustible, et quand le creuset fortement ramolli a pris de la consistance (le creuset de graphite disparaît complètement), on l'enlève avec une pince, on retire le couvercle et on coule le métal dans un moule de sable sec ou d'argile calcinée. Pour éviter l'absorption de l'oxygène pendant la coulée, on place à l'entrée du moule une mèche de coton imprégnée de pétrole; celui-ci s'enflamme en produisant une flamme réductrice qui protège le métal.

Si, d'après Fleitmann, on fond le cobalt en y ajoutant seulement quelques millièmes de magnésium, on modifie avantageusement ses propriétés (V. plus haut). Pour cette opération il faut, afin d'éviter les explosions, introduire le magnésium dans le creuset, contenant le cobalt fondu et recouvert de morceaux de charbon de bois, par une ouverture ménagée dans le couvercle. Le cobalt ainsi traité ne retient que des traces de magnésium. Le manganèse, ajouté dans la proportion de 1,5 à 3 0/0 au cobalt fondu, un peu avant la coulée, produirait, suivant H. Wiggin, de Birmingham, un effet analogue à celui du magnésium.

En Angleterre, on fabrique du cobalt (et du nickel) avec les résidus de la préparation du chlore au moyen du peroxyde de manganèse; une tonne de ce dernier donne 5 kilogrammes de cobalt (et 2k,5 de nickel).

ALLIAGES DU COBALT. Le cobalt pur s'unit avec le fer, le cuivre, le plomb, l'étain, l'antimoine, le mercure, le platine, l'argent et l'or, mais les alliages produits n'offrent, jusqu'à présent, aucune importance industrielle. Suivant Valenciennes, les alliages de cobalt et de cuivre sont très ductiles et ils peuvent être martelés quand ils sont recuits; ils fondent à une température voisine du point de fusion du cuivre (1090°).

COMBINAISONS DU COBALT AVEC L'OXYGÈNE, *oxydes de cobalt*. Le cobalt se combine avec l'oxygène en fournissant cinq oxydes: le protoxyde CoO, le sesquioxyde Co^2O^3, les oxydes intermédiaires ou salins Co^3O^4 et Co^6O^7, et l'acide cobaltique.

Protoxyde de cobalt. Il offre seul de l'intérêt au point de vue industriel, il se présente sous deux formes différentes: à l'état anhydre, CoO, et à l'état hydraté, CoO, H^2O. Le protoxyde anhydre se produit lorsqu'on calcine à l'abri de l'air le carbonate de cobalt ou le protoxyde hydraté; c'est une poudre vert olive foncé, tandis que le protoxyde hydraté, que l'on obtient en précipitant un sel de cobalt par la potasse ou la soude, offre une couleur rouge rose. Si on calcine le protoxyde de cobalt au contact de l'air, il noircit, absorbe de l'oxygène et se transforme en sesquioxyde, Co^2O^3, et même en oxyde salin Co^3O^4, si la calcination est poussée très loin.

Le protoxyde de cobalt est employé dans la peinture sur verre et sur porcelaine et pour la coloration du verre. Il est fabriqué en grande quantité pour ces usages en Saxe, en Suède et en Norwège, ainsi qu'en Angleterre. Le procédé généralement suivi, en Saxe et en Suède, consiste à calciner au contact de l'air du carbonate ou de l'oxyde hydraté de cobalt, obtenus en soumettant les minerais de cobalt à un traitement semblable à celui décrit précédemment pour l'extraction du métal. L'oxyde de cobalt ainsi préparé est noir et se compose, en majeure partie, de sesquioxyde. Les fabriques de couleurs bleues de la Saxe livrent au commerce les sortes suivantes d'oxydes de cobalt: hydrate d'oxyde de cobalt (KOH), protoxyde (PO), oxyde de cobalt pur (RKO), oxyde de cobalt fin (FKO) et oxyde de cobalt fin fin (FFKO). En Angleterre et en Norwège, on suit plutôt la voie humide pour la préparation de l'oxyde de cobalt, qui est alors un des produits secondaires de la fabrication du nickel.

Le protoxyde de cobalt se combine par fusion avec la magnésie, l'alumine et l'oxyde de zinc, en produisant des composés doués de magnifiques colorations. La combinaison avec la magnésie est rose, celle avec l'alumine est d'un très beau bleu. Pour obtenir cette dernière, on mélange un sel d'alumine exempt de fer avec une dissolution de protoxyde de cobalt parfaitement pure, puis on précipite la liqueur par un alcali; on lave le précipité avec soin, on le dessèche et on le calcine fortement; cette même combinaison, qui n'est autre chose que le *bleu de cobalt* ou *bleu Thénard* (V. BLEU), prend aussi naissance lorsqu'on verse de l'azotate de cobalt sur de l'alumine précipitée, qu'on dessèche le mélange et calcine le résidu. La combinaison du protoxyde de cobalt avec l'oxyde de zinc offre une belle couleur verte et est connue sous le nom de *vert de Rinmann*.

Lorsqu'on calcine 20 parties de carbonate de protoxyde de cobalt avec un mélange intime de 40 parties d'hydrate d'alumine et de 20 parties d'oxyde de chrome (mélange que l'on obtient en

précipitant du sulfate de chrome par de l'alun), il se produit une belle couleur verte, consistant en une combinaison de protoxyde de cobalt, d'oxyde de chrome et d'alumine ; cette couleur, qui surpasse toutes les autres par stabilité, est employée dans la peinture sur porcelaine. On obtient un produit encore plus beau, en ajoutant de prime abord le sel de cobalt à l'alun et au sulfate de chrome, précipitant ensuite avec du carbonate de sodium et calcinant le précipité après dessiccation (Gentele).

Avec l'acide stannique, le protoxyde de cobalt donne naissance à une combinaison ($SnCoO^3$) bleu clair, nommée *cœruleum*, *cœline* ou *bleu céleste*, et qui est employée dans la peinture à l'huile et à l'aquarelle. Enfin la combinaison de l'oxyde de cobalt avec l'acide tungstique, le *tungstate de protoxyde de cobalt* calciné, a été récemment recommandée comme couleur bleue.

Fondu avec du verre ou du borax, l'oxyde de cobalt s'y dissout, en leur communiquant une magnifique couleur bleue, qui résiste aux températures les plus élevées des fours à porcelaine ; c'est sur cette propriété qu'est basé l'emploi de l'oxyde de cobalt dans la peinture sur verre ou sur porcelaine.

Combinaison du cobalt avec les métalloïdes. Parmi les combinaisons que forme le cobalt avec les métalloïdes, nous ne mentionnerons que le chlorure CoCl.

L'*arseniure* et le *sulfoarseniure de cobalt* existent dans la nature et constituent les minerais de cobalt les plus importants (la smaltine et la cobaltine).

Le **chlorure de cobalt** est obtenu artificiellement par dissolution du protoxyde, du sesquioxyde ou du carbonate de cobalt dans l'acide chlorhydrique. La dissolution est rouge cramoisi et elle donne par l'évaporation de petits cristaux rouge groseille non déliquescents de chlorure hydraté, qui, chauffés dans un tube, perdent leur eau et deviennent bleus, mais qui, abandonnés au contact de l'air, redeviennent rouges, en absorbant l'eau qu'ils avaient perdue. Le chlorure de cobalt prend également naissance, avec un vif dégagement de lumière, lorsqu'on chauffe du cobalt en poudre dans un courant de chlore, et il sublime alors en écailles bleues. Lorsqu'on chauffe la solution aqueuse du chlorure de cobalt, sa couleur passe du rouge au bleu et elle redevient rose lorsqu'on la laisse refroidir ; c'est sur cette propriété qu'est basé l'emploi de cette solution comme *encre sympathique*. — V. Encre.

Combinaisons du cobalt avec les acides. Sels de cobalt. Les combinaisons du cobalt avec les acides sont presque toutes produites artificiellement. Nous citerons les suivantes, qui sont les seules offrant quelque intérêt au point de vue industriel.

Azotate de cobalt. On l'obtient en dissolvant dans l'acide azotique le cobalt métallique, le protoxyde ou le carbonate de cobalt; la solution évaporée laisse déposer de petits cristaux d'un beau rouge cramoisi; ces cristaux sont déliquescents dans l'air humide, ils fondent au-dessous de 100° dans leur eau de cristallisation et une fois qu'ils ont perdu celle-ci, ils deviennent verts. La solution aqueuse de l'azotate de cobalt peut servir comme encre de sympathie.

Azotite de cobalt et de potassium. Lorsqu'on mélange une solution d'azotate de cobalt avec une solution d'azotite de potassium, on obtient un beau précipité jaune cristallin tout à fait insoluble d'*azotite de cobalt* et de *potassium* $(AzO^2)^3Co + 3KAzO^3$. Ce composé, désigné sous le nom de *jaune de cobalt* ou de *sel de Fischer*, a été étudié par Saint-Evre et recommandé par ce chimiste, pour la peinture à l'huile et à l'aquarelle, à cause de sa belle couleur, qui offre une analogie complète avec le jaune indien, et de son inaltérabilité au contact des agents oxydants et sulfurants. Pour préparer le jaune de cobalt, Saint-Evre fait passer un courant de bioxyde d'azote dans une solution contenant de l'azotate de cobalt, qui vient d'être précipitée complètement à l'état d'oxyde hydraté par un léger excès de potasse; mais il est plus avantageux de précipiter une solution aqueuse d'azotate de protoxyde de cobalt acidifiée par l'acide acétique au moyen d'une solution d'azotite de potassium.

Arsénite de protoxyde de cobalt. L'arsénite de cobalt, de la formule $AsO^3, 4Co$, est une combinaison insoluble de couleur rouge rose, que l'on prépare en chauffant au rouge intense pendant longtemps le précipité violet obtenu en traitant la solution aqueuse d'un sel de cobalt par une solution d'arsénite de potassium ou de sodium, ou en soumettant au même traitement l'arsénite de protoxyde de cobalt du commerce. Le produit ainsi obtenu se présente sous forme d'une masse violette extérieurement, mais qui broyée finement donne une poudre d'un rouge rose magnifique. C'est une couleur très solide, qui ne se rencontre pas dans le commerce, mais qui pourrait être avantageusement employée dans la peinture à l'huile.

Phosphate de protoxyde de cobalt. Le phosphate de cobalt de la formule $Ph^2O^5, 2Co$, calciné, est très employé depuis quelque temps, sous le nom de *violet de cobalt*, pour l'impression des tapisseries et des tissus.

Phosphate de protoxyde de cobalt et d'ammonium. Ce composé est livré au commerce depuis quelque temps, sous le nom de *bronze de cobalt*, par la fabrique de couleurs bleues de Pfannenstiel ; il se présente sous forme d'une poudre formée d'écailles violettes, offrant un éclat métallique et beaucoup de ressemblance avec le chlorure de chrome violet.

Silicate de cobalt et de potassium, smalt. — V. Minerais de cobalt.

Caractères des sels de cobalt. Les sels de cobalt sont généralement rouges à l'état hydraté, et bleus à l'état anhydre ; ceux qui sont insolubles ont souvent une couleur violette.

Les dissolutions des sels de cobalt donnent avec la *potasse* ou la *soude* un précipité bleu, qui devient rose au bout de quelque temps à froid ou immédiatement à chaud avec l'*ammoniaque*. Le précipité

est bleu et il devient rouge à l'abri de l'air et vert au contact de ce dernier.

Les *carbonates alcalins* produisent un précipité couleur de fleur de pêcher pâle, devenant bleu ou violet à chaud et soluble dans les sels ammoniacaux.

Le *phosphate de sodium* donne un précipité bleu dans les solutions neutres ; avec les *arséniates* solubles le précipité est rose.

L'*hydrogène sulfuré* ne précipite pas les solutions cobaltiques acides; dans les solutions neutres, il se forme un précipité peu abondant de sulfure de cobalt noir tandis que dans les liqueurs alcalines, tout le cobalt est précipité ; avec le *sulfhydrate d'ammoniaque* tout le cobalt est également séparé en solutions alcalines.

Si l'on ajoute à une dissolution d'un sel de protoxyde de cobalt de l'*azotite de potassium*, puis de l'acide acétique jusqu'à réaction fortement acide et si l'on chauffe légèrement, il se forme un précipité cristallin d'un beau jaune, qui n'est autre chose que de l'azotite de cobalt et de potassium (sel de Fischer, jaune de cobalt).

Chauffés au chalumeau avec le *borax*, les sels de cobalt donnent une perle d'un bleu magnifique ; cette réaction est aussi caractéristique que sensible. — V. plus haut MINERAIS DE COBALT.

D'après les expériences de Husemann, de Rabuteau et de Siegen, les sels de cobalt sont toxiques; mais suivant Husemann, cet effet serait dû à l'arsenic que renferment presque toujours les préparations cobaltiques, tandis que pour Siegen et Rabuteau les sels de cobalt ont par eux-mêmes une action spéciale sur les muscles et le cœur. — Dr L. G.

Bibliographie : PELOUZE et FRÉMY : *Traité de chimie*, t. III, p. 533, 1865 ; P. SCHÜTZENBERGER : *Traité de chimie générale*, t. I, p. 586 et 610, 1880 ; WURTZ : *Dictionnaire de chimie ;* BARRESWILL et GIRARD : *Dictionnaire de chimie industrielle ;* R. WAGNER et L. GAUTIER : *Nouveau traité de chimie industrielle*, t. I. p. 78, 1878 ; BOLLEY : *Manuel d'essais et de recherches chimiques*, 2e édit. par L. GAUTIER, p. 380, 1877 ; R. FRÉSÉNIUS : *Traité d'analyse chimique qualitative*, 6e édit. française, par FORTHOME, p. 148, 1879 ; R. FRÉSÉNIUS : *Traité d'analyse quantitative*, 4e édit. française, p. 225, 1879 ; FLEISCHER : *Traité d'analyse chimique par la méthode volumétrique*, traduit par L. GAUTIER, p. 101, 1880 ; C. BALLING : *Manuel de l'art de l'essayeur*, traduit par L. GAUTIER, p. 517, 1881 ; J. POST : *Traité d'analyse chimique appliquée aux essais industriels*, traduit par L. GAUTIER, 1883 ; R. WAGNER : *Jahresbericht der chemischen Technologie* ; GENTELE : *Lehrbuch dèr Farben fabrikation*, BRUNSWICK, 1880.

***COBALTAGE.** Le cobaltage, c'est-à-dire l'application du cobalt en couches minces sur d'autres métaux, est de date encore toute récente ; on dit aussi *cobaltisage*.

— Dès 1862, Becquerel avait bien indiqué la possibilité d'obtenir, par voie galvanique, un dépôt cohérent de cobalt, mais ce n'est que dans ces dernières années que R. Böttger (1875) et A. Gaiffe (1878) ont de nouveau attiré l'attention sur les avantages que présente le cobalt déposé en couches minces, au moyen du courant électrique, sur d'autres métaux. Le cobalt, qui est plus dur que le fer et le nickel, est, en effet, très convenable pour remplacer ces deux métaux, comme couche protectrice, sur les planches gravées en taille-douce et sur les clichés typographiques, car il ne s'oxyde pas comme le fer, et il est dissous avec la plus grande facilité par des acides faibles, qui n'attaquent pas le cuivre, tandis qu'on ne peut enlever le nickel déposé sur une planche de cuivre sans altérer celle-ci. Des objets en cuivre recouverts d'une couche mince de cobalt, ont un éclat qui se rapproche de celui de l'argent. Le cobaltage peut également, d'après Stolba (1871), être effectué au trempé, c'est-à-dire par simple immersion des objets dans une solution contenant un sel de cobalt, mais la voie galvanique doit être préférée.

Cobaltage au trempé. Stolba emploie comme bain une solution de chlorure de zinc et d'un sel de cobalt, que l'on prépare de la manière suivante: On traite, par l'acide chlorhydrique concentré, un excès de zinc en feuilles, puis on abandonne la solution à elle-même au contact de l'air et, après l'avoir filtrée, on la verse dans un vase en cuivre, où on la mélange avec le double de son volume d'eau de rivière ; maintenant on chauffe à l'ébullition et on ajoute goutte à goutte de l'acide chlorhydrique pur, jusqu'à disparition du précipité qui s'est formé lors du mélange de la solution du zinc avec l'eau, après quoi on jette dans la liqueur un peu de zinc en poudre, qui en quelques minutes donne naissance à un dépôt sur tous les points de la surface du vase touchés par le liquide. On ajoute ensuite d'une solution de chlorure de cobalt une quantité suffisante pour colorer le liquide en rose intense. Le bain étant ainsi préparé, on y introduit les objets à cobalter, préalablement dégraissés et décapés et avec ceux-ci de petits morceaux de zinc en feuilles ou en fils et l'on continue l'ébullition. Le cobalt se dépose promptement, et dans l'espace de quinze minutes environ les objets sont entièrement recouverts de cobalt. Il est essentiel pour que la surface des objets soit parfaitement brillante que le bain ne soit ni trouble ni acide. L'opération terminée on retire les objets, on les lave avec de l'eau et ensuite on les frotte avec de la craie.

Cobaltage électro-chimique. Les appareils dont on se sert pour produire par voie galvanique un dépôt de cobalt sur d'autres métaux étant analogues à ceux que l'on emploie pour l'*argenture* (V. ce mot), il nous suffira d'indiquer ici la composition des bains.

Böttger propose comme bain de cobaltage une solution modérément concentrée de chlorure double de cobalt et d'ammonium ; pour préparer ce sel, on dissout 40 grammes de protochlorure de cobalt cristallisé et 20 grammes de chlorure d'ammonium dans 100 grammes d'eau et l'on ajoute 20 centimètres cubes d'ammoniaque. Gaiffe emploie une dissolution neutre de sulfate double de cobalt et d'ammonium, et comme pôle positif une lame de platine ou mieux une plaque de cobalt fondu. Pour avoir un dépôt très régulier, il est indispensable de fixer l'objet à cobalter au rhéophore de la pile (au pôle négatif) avant de le plonger dans le bain, car sans cette précaution, il se produit des marbrures qu'on ne peut faire disparaître qu'en recommençant l'opération. — Dr L. G.

Bibliographie : BECQUEREL : *Eléments d'électro-chi-*

mie, p. 324, 1864; R. Wagner : *Jahresbericht der chemischen Technologie*, p. 219, 1876; *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 15 juillet 1878; *Bulletin de la Société d'encouragement*, p. 236, 1879.

* **COBALTINE.** — V. Cobalt.

COCA. *T. de bot.* (*Erythroxylum coca*). Arbuste de la famille des *érythroxylées*, cultivé sur les étages inférieurs et tempérés du versant oriental des Andes, et surtout en Bolivie et au Pérou. On cultive la coca principalement pour ses feuilles dont les propriétés sont très actives; lorsqu'elles ont atteint leur entier développement, elles se détachent presque seules et on les récolte pour les faire soigneusement sécher au soleil. On fait entrer la coca dans plusieurs préparations pharmaceutiques recommandées lorsqu'il est nécessaire de relever promptement les forces épuisées. Nous écrivons *la coca* pour nous conformer à l'orthographe des botanistes, mais nous devons faire remarquer que l'Académie met ce nom au masculin.

* **COCALON.** Cocon de ver à soie, qui est de qualité inférieure.

COCHE. 1° Le coche était primitivement un grand bateau destiné au transport des voyageurs et dès marchandises ; il était mis en mouvement à l'aide de rames et de voiles ou halé par des chevaux.

— Le coche d'eau fit place au coche de terre, vaste carrosse destiné à transporter, par des routes fort rares, très négligées et peu sûres, voyageurs et marchandises : voyageurs à l'intérieur et sur le devant, marchandises à l'arrière. L'apparition du coche de terre remonte à Charles IX. L'exploitation en était faite par des particuliers, qui durent bientôt céder la place à l'institution d'un privilège exclusif et à une inspection des coches remplacée, sous Henri IV, par une surintendance. C'est là l'origine des diligences et des messageries. Il y avait aussi des coches particuliers qui furent bientôt désignés sous le nom particulier de *carrosse*. — V. ce mot.

Coche. 2° *T. techn.* Entaille destinée à retenir sur le bois des cerceaux, l'osier qui les lie. || 3° *T. d'armur.* Entaille faite au bas de la flèche pour la maintenir sur la corde de l'arc. || 4° *T. de mar.* Entailles faites par les charpentiers mâteurs sur les broches, et destinées à fournir par leur intervalle la longueur du diamètre d'un mât en chantier.

COCHENILLAGE. *T. de teint.* Bain de cochenille pour teindre en écarlate ou en cramoisi.

COCHENILLE. La belle matière tinctoriale rouge, désignée dans le commerce sous le nom de *cochenille*, n'est autre chose que le corps desséché de la femelle du *coccus cacti* ou *cochenille du nopal*, insecte appartenant à l'ordre des hémiptères, famille des gallinsectes. Le principe colorant de la cochenille a été désigné sous le nom d'*acide carminique*. Plusieurs autres insectes du genre coccus renferment également de l'acide carminique et sont aussi employés dans l'industrie comme matières tinctoriales. Ce sont le *coccus ilicis* ou *kermès du chêne*, le *coccus polonicus* ou *kermès de Pologne* et le *coccus lacca* ou *cochenille laque*.

Les coccus ou gallinsectes sont généralement de petits insectes de la grosseur d'une lentille ou d'un pois, qui vivent sur les parties aériennes ou sur les racines de certaines plantes. Au moment de leur naissance, ils sont fort agiles, mais les femelles, qui sont privées d'ailes et munies seulement de pattes rudimentaires, ne tardent pas à se fixer, à l'aide de leur suçoir, sur les parties vertes ou charnues de la plante, pour y rester immobiles ; là elles se nourrissent, se développent, acquièrent peu à peu une forme ovoïde ou globuleuse, s'accouplent, pondent, meurent et se dessèchent sur leurs œufs ; lorsqu'elles sont arrivées au summum de leur croissance, elles forment à la surface de la plante de petites tumeurs hémisphériques ou ovoïdes, dont la couleur varie du brun au rouge, au violet et au noir. Les mâles, toujours plus petits que les femelles et dépourvus de suçoir, ont le corps allongé et munis de deux ailes transparentes, se croisant sur le dos et dépassant l'extrémité de l'abdomen, qui est terminé lui-même par deux longues soies.

Nous ne nous occuperons ici que de la cochenille proprement dite ou *cochenille du nopal*, en renvoyant pour l'histoire des autres coccus aux mots Kermès et Laque.

Historique. D'après les écrits du médecin Ctésias (400 ans avant Jésus-Christ) et du philosophe Elian (sous Alexandre Sévère), la cochenille était connue très anciennement en Perse et aux Indes, qui en envoyaient en Europe des quantités considérables. L'usage de cette matière colorante était perdu depuis longtemps en Europe, lorsque en 1518, lors de la conquête du Mexique, les Espagnols fixèrent sur elle leur attention et, en 1581, ils en apportèrent en Espagne plus de 70,000 kilogrammes. La cochenille fut longtemps considérée comme une graine, d'où le nom de *graine d'écarlate* qu'elle portait dans le commerce. Lopez de Gomara, en 1525, reconnut, le premier, que la cochenille était un insecte, dont il donna la description et celle du végétal qui la nourrit; en 1692, le Père Plumier montra qu'elle appartenait à la classe des punaises; ces observations furent confirmées par Lenwenhoek, par de La Hire, par Geoffroy et enfin par Runscher. Le Mexique a eu longtemps le monopole de la production de la cochenille, l'exportation de l'insecte vivant était même défendue. Thierry de Menonville qui a publié, en 1787, un *Traité de la culture du nopal*, parvint cependant, vers cette époque, à transporter à Saint-Domingue des cactus vivants couverts de cochenilles, et c'est de là que le précieux insecte fut apporté aux Canaries, en 1831, et ensuite en Espagne (à Valence), dans les colonies hollandaises de la Sonde, dans la Nouvelle-Galles du Sud, en Corse et en Algérie (Oran, Alger, Bône, etc.). L'usage de la cochenille, comme matière tinctoriale s'est généralisé en Europe, à partir de 1563, époque à laquelle furent découverts les procédés de teinture en écarlate à l'aide de cette substance et des sels d'étain.

On distingue deux espèces de cochenille du nopal : la *cochenille mertèque*, *cochenille domestique* ou *cochenille fine*, cultivée principalement au Mexique, dans les nopaleries, et la *cochenille sauvage* ou *sylvestre*, recueillie sur les nopals sauvages (*cactus opuntia*, *cochenillifera* et *bonplandia*, *opuntia tuna*).

La *cochenille domestique* (fig. 359) se présente sous l'aspect d'un corps ovoïde de 2 à 4 millimètres de diamètre, composé de onze anneaux velus, terminé en avant par deux antennes, en arrière par deux

soies courtes et divergentes et recouvert d'une poussière blanchâtre. Desséchée, c'est-à-dire telle qu'on la trouve dans le commerce, elle est sous forme de grains rugueux polyédriques, présentant des rides blanchâtres; sa couleur est rouge noirâtre ou grisâtre, terne ou luisante et quelquefois à reflets argentés. Sa poudre est d'un rouge vif; si on la fait macérer dans l'eau, elle communique à celle-ci une teinte rouge, se gonfle, s'arrondit et l'on peut alors reconnaître distinctement la structure de l'insecte.

La *cochenille sylvestre* est de couleur rougeâtre terne; suivant Guibourt, elle se compose d'insectes isolés beaucoup plus petits que ceux de la cochenille domestique et de parties agglomérées, globuleuses ou ovoïdes, consistant en une matière furfuracée, blanche ou rouge, entremêlée de poils; cette substance, gonflée dans l'eau, laisse alors distinguer facilement, à l'aide de la loupe, un, deux ou trois insectes, semblables aux précédents, renfermés dans une matière blanche et pulpeuse; souvent aussi on y découvre un certain nombre de petites cochenilles, extrêmement petites, qui paraissent nouvellement nées. Ces parties agglomérées ne donnent à l'eau qu'une couleur vineuse foncée, tandis que les insectes isolés fournissent une teinte rouge beaucoup plus belle, mais cependant en quantité beaucoup moindre que la cochenille domestique; aussi la cochenille sylvestre est-elle peu estimée et peu répandue dans le commerce.

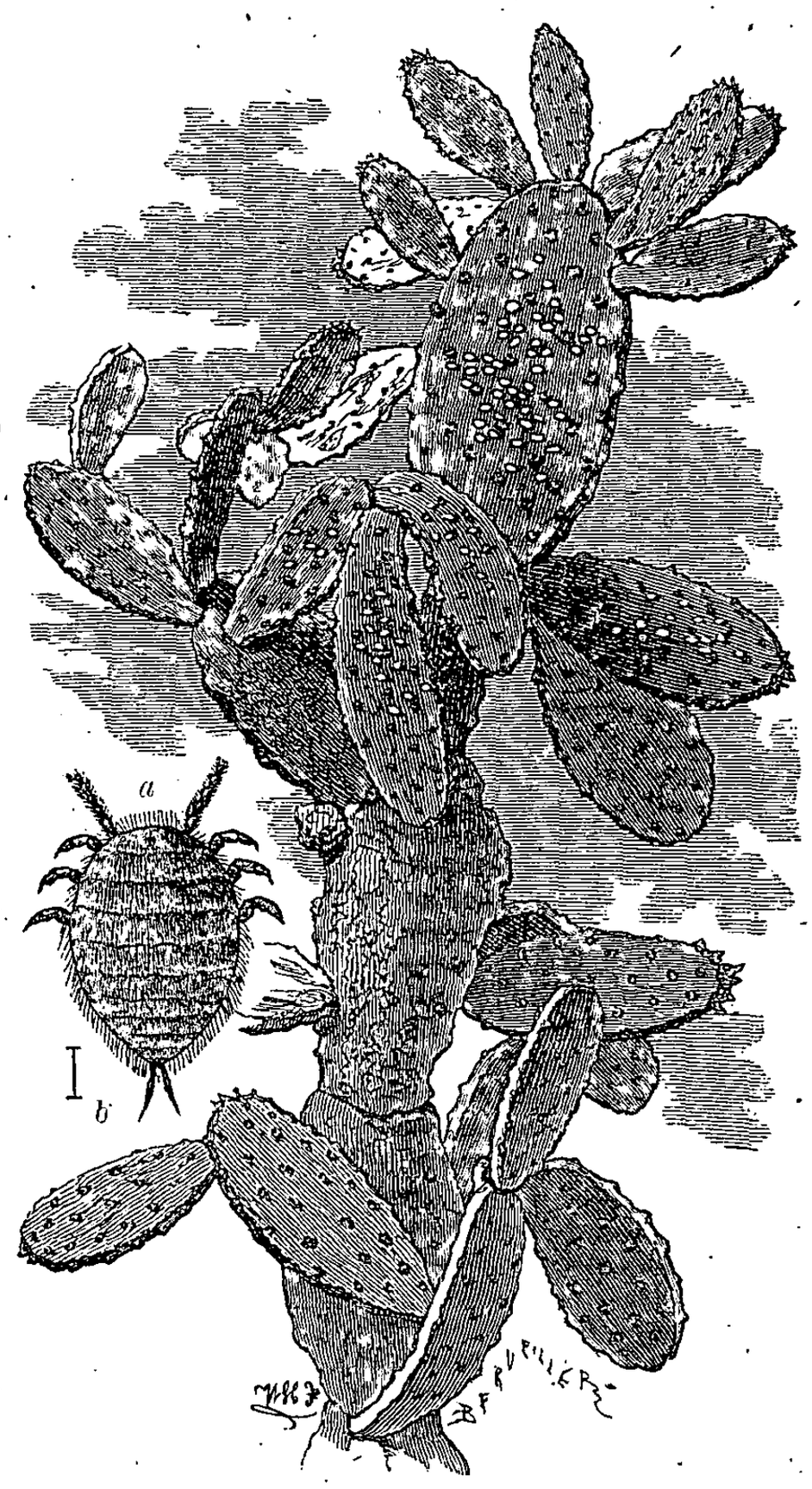


Fig. 359. — *Cactus nopal chargé de cochenilles.*
a Cochenille femelle grossie. — *b* Dimension réelle de l'insecte en longueur.

Culture et récolte de la cochenille. Pour domestiquer la cochenille, on plante des nopals autour des habitations et sur les versants abrités des collines; la plantation se fait par boutures, espacées entre elles de trente centimètres, sur des lignes placées à un mètre les unes des autres; au bout de deux ans, les nopals ont acquis une croissance suffisante pour pouvoir nourrir les cochenilles. Ces plantations ou *nopaleries* contiennent jusqu'à 60,000 pieds de nopals. Les cochenilles femelles, recueillies dans les bois, avant la ponte, sont déposées sur les nopals, surtout à la bifurcation des raquettes, et les jeunes larves issues du corps des mères ne tardent pas à se répandre sur les nopals; on les répartit ensuite sur les points les plus vigoureux de la plante. Au bout de trois à quatre mois, on fait une première récolte, un peu avant la ponte des femelles et lorsqu'on aperçoit quelques insectes nouveaux-nés et, en même temps, on coupe, pour la reproduction des raquettes de nopal, couvertes de jeunes individus. La récolte se fait dans des paniers de paille ou dans des bassines en ferblanc munies d'une échancrure dans laquelle on engage la partie étroite des articles de nopals; avec des pinceaux on fait tomber les cochenilles dans ces récipients, en en laissant quelques-unes. Les meres qu'on a laissées produisent une nouvelle génération qui pourra être enlevée au bout de trois ou quatre mois avant la saison des pluies. Cette seconde récolte est faite avec un couteau mousse qui, grattant toute la surface de la plante, enlève les jeunes individus aussi bien que ceux qui ont acquis tout leur développement. Ce produit est moins estimé et désigné sous le nom *granilla*.

Les raquettes de nopal, couvertes de jeunes, qu'on coupe pour la reproduction, lors de la première récolte, sont conservées à l'abri jusqu'à la bonne saison, époque à laquelle on porte les insectes aux nopaleries dans de petits nids de mousse qu'on enveloppe dans des feuilles de palmier. Cette opération se fait au mois d'août, en plaine, et en novembre, sur les hauteurs.

Suivant V. Pérez, l'éducation de la cochenille à Arotaria (Ténériffe), l'une des Canaries, est con-

duite de la manière suivante: Les femelles, appelées grand'mères (abuelas), sont placées, en octobre, sur les feuilles des cactus, où elles restent environ cinq mois, avant de se reproduire abondamment. On dépose alors les jeunes sur des feuilles vierges, surtout celles d'un cactus à fleurs rouges (*opuntia punica*), qui sont veloutées et non lisses et retiennent mieux le couvain. Les jeunes restent jusqu'aux mois de juin et juillet, pour se reproduire, et cette nouvelle reproduction, formée de mères (madres), est de nouveau portée dans de vastes champs de cactus encore vierges d'insectes. C'est là que se fait la grande récolte d'exportation, au bout de 70 à 90 jours, suivant la saison, après la répartition des mères sur les cactus ordinaires ou nopals. Les seules localités convenables aux abuelas et aux madres sont celles qui sont bien exposées au bord de la mer, où, pendant l'hiver, la température ne descend pas à 10°; pour plus de sûreté, on protége même les insectes par des tentes, des morceaux d'étoffes de coton, à l'aide desquels on enveloppe les feuilles des cactus après y avoir déposé les insectes. La manière de placer les jeunes et les madres est d'ailleurs assez curieuse. Les mères sont cueillies avec des cuillers, en râclant doucement les feuilles de cactus; elles tombent dans des paniers qu'on transporte dans des étuves ou chambres de frai, chauffées pour hâter la ponte et la multiplication. Dans ces chambres, la cochenille productrice est étendue en couches minces sur de grands panneaux, couverts avec des morceaux de toile coupés en parallélogrammes. Les jeunes s'attachent sur ces chiffons et, au plus tôt, on les dépose sur les feuilles des cactus; les chiffons enveloppent les feuilles et les jeunes cochenilles vont s'attacher sur les feuilles. On a aussi des sacs en toile dans lesquels on dépose deux ou trois cuillerées de cochenilles mères, et qu'on suspend aux feuilles qu'on veut ensemencer. Ordinairement, une énorme quantité de jeunes est perdue, et on peut seulement compter sur la réussite de cinq insectes dans la première pose des abuelas, sur la réussite de sept dans la seconde et de neuf dans la troisième. (Laboulbène, *Dict. encyclop. des sciences médicales.*)

Les cochenilles une fois récoltées, il faut les faire périr. A cet effet, on les plonge pendant quelques instants dans l'eau bouillante, puis on les dessèche au soleil; l'insecte, tué de cette manière, perd son duvet blanc et prend une couleur rouge-brun; dans cet état, il porte au Mexique le nom de *ranagrida* (*cochenille rougeâtre*). Souvent aussi la cochenille est enfermée dans un nouet de linge et tuée au four; elle garde alors sa couleur naturelle et est appelée *jaspeada* (*cochenille jaspée, grise* ou *argentée*); enfin, si l'insecte est tué par torréfaction sur des plaques de fer chauffées, elle prend une couleur noirâtre, qui lui a fait donner le nom de *negra* ou *cascarellia* (*cochenille noire* ou *zaccatille*). Les femelles reproductrices, mortes dans les nids, perdent plus à la dessiccation que celles qui portent encore leurs jeunes; 4 kilogrammes des premières et 3 des dernières fournissent 1 kilogramme de cochenilles sèches. Un hectare de nopals produit environ 300 kilogrammes de cochenille; il faut, en moyenne, 140,000 insectes pour faire 1 kilogramme de cochenille sèche.

Depuis que l'emploi des couleurs dérivées de l'aniline est devenu général, l'importation des cochenilles en Europe a beaucoup diminué; ainsi la France qui, en 1855, importait 413,884 kilogrammes de ces insectes, n'en reçoit plus annuellement que 200,000 kilogrammes, représentant une valeur d'environ 3 millions de francs.

Sortes commerciales. On connaît dans le commerce quatre sortes de cochenilles, dont quelques-unes offrent plusieurs variétés; en voici les désignations, d'après Girardin:

1° **Cochenille Honduras** qui arrive directement en Angleterre et de ce pays en France; elle est très estimée et comprend les variétés suivantes: (*a*) La *cochenille noire* ou *zaccatille*, noirâtre ou d'un rouge brun, luisante, avec des traces d'un enduit blanchâtre et donnant une poudre rouge cramoisi, devenant rouge brun très foncé au contact de l'eau; c'est la meilleure. (*b*) La *cochenille grise, jaspée* ou *argentée*; elle est couverte d'un enduit blanchâtre, nacré et pulvérulent qui adhère sur toute sa surface et est formée d'une substance volatile, offrant à la loupe une forme cristalline très marquée; sa poudre est d'une couleur moins foncée et prend une teinte moins intense au contact de l'eau. (*c*) La *cochenille rougeâtre*, qui n'offre la poussière blanche que dans l'intérieur des rides; c'est la moins estimée. Ces cochenilles viennent dans des surons ou sacs, recouverts de jonc ou de cuir, du poids de 75 à 80 kilogrammes.

2° **Cochenille Vera-Cruz**, qui arrive par Bordeaux et le Hâvre en sacoches de 80 à 100 kilogrammes; elle se divise comme la cochenille de Honduras en *cochenilles zaccatille, grise* et *rougeâtre*. L'insecte doit être creux, léger et frisé. Celle qui est en gros grains, terne, chargée de menus et de grabeaux est moins estimée.

3° **Cochenille des Canaries**, venant de Cadix par Marseille, mais, en petite quantité, à cause du prix plus élevé que celui des cochenilles du Mexique; cette sorte est toujours très bonne. On distingue *la cochenille argentée* et la *cochenille noire*; elle est logée dans de petits sacs, des caisses ou des barils de 25 à 30 kilogrammes.

4° **Cochenille Java**, importée directement en Hollande d'où elle est expédiée en France; l'emballage est fait dans des boîtes en ferblanc, renfermées dans des caisses en bois, pesant 40 à 60 kilogrammes. Cette sorte est la moins estimée; elle est petite et rougeâtre; son prix est inférieur à celui des sortes du Mexique.

Composition chimique de la cochenille. La cochenille a été particulièrement étudiée, au point de vue chimique, d'abord par John et ensuite par Pelletier et Caventou, qui y ont trouvé les substances suivantes: carmine, coccine, stéarine, oléine, acide coccinique, chlorure et phosphate de potassium, carbonate et phosphate de calcium,

sel organique à base de potasse. Mène a déterminé récemment la composition quantitative de quelques variétés commerciales et est arrivé aux résultats suivants :

	Cochenilles			
	Guatémala	Canaries	Dites mortes	Java
Matières colorantes.	48.823	49.007	26.172	33.795
Matières azotées. . .	7.115	7.152	15.145	12.182
Matières solubles dans l'eau.	13.208	10.031	36.674	17.617
Matières insolubles dans l'eau, ...	6.172	6.004	12.712	14.159
Stéarine.	8.155	10.131	3.090	4.576
Palmitine	8.451	8.293	3.007	3.428
Cendres.	3.376	3.322	5.065	6.210
Eau et pertes	4.700	6.060	4.135	8.033
	100.000	100.000	100.000	100.000

Le principe colorant de la cochenille, nommé *carmine* par Pelletier et Caventou, était considéré par ces chimistes comme une substance azotée, mais Arppe et Warren de la Rue ont démontré que la carmine n'est pas le pigment pur, mais ce pigment mélangé avec une matière azotée, et ayant éliminé celle-ci, ils ont obtenu un corps non azoté, offrant tous les caractères d'un acide, auquel ils ont donné le nom d'*acide carminique*. — V. CARMINE.

La décoction de la cochenille ne se comporte pas de la même manière que les solutions de l'acide carminique en présence des réactifs (V. CARMINE), ce qui tient probablement à ce qu'elle renferme des substances azotées et des éléments minéraux. Les acides font passer la couleur au jaune rougeâtre et y déterminent un léger précipité, et les alcalis la font virer au violet. L'eau de chaux donne un précipité violet. L'alun fait virer la couleur au rouge foncé et donne après un long temps un précipité ; le protochlorure d'étain acide la fait virer au jaune et donne un précipité rouge cerise ; le protochlorure d'étain ordinaire produit un précipité violet et le bichlorure d'étain vire la couleur au rouge écarlate. La crême de tartre, l'oxalate de potassium et l'alun donnent des précipités rouges.

ESSAI DES COCHENILLES. Pour être bonne, la cochenille doit être grosse, hémisphérique, bien nette ; sa surface doit être lisse, avec des reflets argentés ou soyeux, sur un fond rouge brun. Elle doit être sèche, sans mélange de corps étrangers, elle doit exhaler une odeur un peu acide, sans avoir celle de moisi. Lorsqu'on en prend une poignée dans un sac, il faut, en la pressant, sentir une certaine résistance, et en la laissant échapper de la main, elle doit s'en écouler à la manière de petits corps arrondis, mobiles, n'adhérant point les uns aux autres, et le dedans de la main ne doit pas être imprégné de poussière. Les grains doivent être bien nourris, lourds, peu ridés, arrondis et présenter distinctement la forme et les anneaux de l'insecte (Girardin).

Plusieurs procédés ont été imaginés pour l'essai des cochenilles ; ce sont la teinture d'épreuve, la méthode colorimétrique et les méthodes chimiques.

Teinture d'épreuve. On commence par préparer avec la cochenille à essayer deux bains de teinture, l'un rouge écarlate, l'autre rouge cramoisi, en prenant : pour le premier, 1 gramme de cochenille, 2 grammes de crême de tartre, 2 grammes de composition d'étain et 1,250 grammes d'eau ; pour le second, les mêmes quantités de cochenille et d'eau, 75 centigrammes de crême de tartre et 1g,50 d'alun. Dans ces bains, on teint les uns après les autres, deux écheveaux de laine du poids de 6 grammes, jusqu'à ce que le bain soit épuisé, et l'on compare les écheveaux avec d'autres écheveaux, teints de la même manière avec de la cochenille reconnue comme de bonne qualité, en tenant compte aussi bien des intensités de la coloration que de la quantité des écheveaux qu'on a pu teindre. Les deux teintures différentes sont nécessaires, parce que quelques espèces de cochenilles conviennent mieux pour l'une que pour l'autre. On peut aussi imprimer sur laine des couleurs, préparées avec des poids égaux de la cochenille type et de la cochenille à essayer. Cette méthode, très pratique et très commode, ne donne pas cependant des résultats exacts, lorsque la cochenille a été mélangée avec la matière colorante du bois de Brésil, ce que l'on peut, du reste, reconnaître facilement. — V. plus loin, § *Falsifications*.

Méthode colorimétrique. On fait bouillir, pendant une heure, un demi-gramme de la cochenille à essayer avec de l'eau additionnée de dix gouttes d'une solution concentrée d'alun ; on laisse refroidir et l'on ajoute une quantité d'eau suffisante pour faire le volume de un litre. On prépare ensuite de la même manière une seconde solution avec la même quantité d'une cochenille type, et l'on compare l'intensité des liqueurs à l'aide d'un *colorimètre* (V. ce mot). Lorsque l'une des deux dissolutions de cochenille tire un peu sur l'orangé, il est nécessaire, pour avoir un résultat exact, de modifier sa nuance en y ajoutant quelques gouttes d'un alcali.

Méthodes chimiques. Nous ne ferons, pour ainsi dire, que mentionner ces méthodes, parce qu'elles ne donnent pas des résultats dans lesquels on puisse avoir une entière confiance.

Robiquet décolore avec une solution de chlorure de chaux, des volumes égaux de deux décoctions préparées avec des quantités égales de la cochenille à essayer et d'une cochenille type ; la qualité de la cochenille est en raison directe du volume de chlorure de chaux qui a été nécessaire pour la décolorer. Le chlore agissant aussi sur les matières organiques autres que l'acide carminique, ce procédé ne peut offrir aucune garantie.

Anthon prépare des décoctions de la cochenille à essayer et de la cochenille type et les précipite au moyen d'une solution titrée d'alun. Bloch suit un procédé analogue en se servant, au lieu d'alun, d'une solution normale d'acétate neutre de plomb. Dans ces deux dernières méthodes, on admet que l'eau n'enlève à la cochenille que de la matière colorante et pas d'autre substance susceptible

d'être précipitée en même temps que l'acide carminique, et en outre, on suppose que les précipités ou laques ont une composition constante ; mais ces hypothèses sont inexactes.

La méthode de Penny serait plus avantageuse ; elle est basée sur l'oxydation de l'acide carminique par le prussiate rouge de potasse en présence d'un alcali. On prépare une solution de la matière colorante en faisant bouillir 2 grammes de cochenille pulvérisée avec 50 grammes d'eau et un peu de potasse, puis on fait une solution titrée de prussiate rouge, contenant 2 grammes de ce sel dans 100 grammes d'eau. Après avoir laissé refroidir la solution de cochenille, on l'étend avec 50 grammes d'eau et à l'aide d'une burette on y verse la liqueur titrée, jusqu'à ce que le liquide soit devenu brun jaune. Le nombre des centimètres cubes employés, comparé à celui qui est nécessaire pour décolorer une dissolution de cochenille type représente la valeur comparative de la cochenille essayée. Il est évident que d'autres substances oxydantes, par exemple, le permanganate de potassium, proposé par J.-M. Merrick (*Moniteur scientifique*, 1872, p. 430), peuvent être employées à la place du prussiate rouge de potasse.

Citons enfin, le procédé de Frébault, qui consiste à décolorer la décoction alcaline de la cochenille au moyen d'une solution titrée d'iode libre ; la quantité de solution titrée nécessaire pour la décoloration est proportionnelle à l'acide carminique contenu dans la cochenille ; mais l'iode agissant également sur la matière colorante du bois du Brésil, il faut s'assurer préalablement si la cochenille essayée n'a pas été falsifiée avec cette matière.

Falsifications de la cochenille. La cochenille, vu son prix élevé, est souvent falsifiée ; la falsification la plus fréquente consiste à vendre des cochenilles en partie épuisées à l'eau chaude et jaspées avec du talc, du sulfate de baryum, de la céruse ou rendues plus pesantes avec de la limaille de plomb ou de la soudure des plombiers, substances qu'on fait adhérer à l'aide d'une solution épaisse de gomme ; si la cochenille est trop blanche, on la noircit avec de la plombagine. D'autre fois on mélange les sortes inférieures avec des sortes communes jaspées artificiellement, et on va même jusqu'à préparer un produit tout à fait faux, en moulant des cochenilles avec une pâte faite avec des résidus ou grabeaux de cochenilles imprégnés d'une teinture concentrée de bois de Campêche ou de Fernambouc et unis avec des substances mucilagineuses ; on mélange aussi la cochenille épuisée avec de la poudre d'orseille, de bois du Brésil ou de sang dragon, ou bien on lui donne une couleur factice en le trempant dans une décoction de bois du Brésil.

Pour reconnaître si la cochenille a été mélangée avec des substances pulvérulentes, on peut en introduire 2 ou 3 grammes dans un petit tube à essais et ensuite l'agiter vivement avec 5 ou 6 centimètres cubes de chloroforme ; par le repos, la cochenille vraie se rassemble à la surface du chloroforme et toutes les substances étrangères tombent au fond. En outre, la poudre blanche que laisse échapper la cochenille jaspée avec du *talc*, du *sulfate de baryum* ou de la *céruse*, lorsqu'on la frotte entre les mains, suffit pour faire reconnaître la falsification. L'hydrogène sulfuré noircit rapidement cette poudre, si c'est la céruse qui a été employée. Pour reconnaître la *limaille de plomb* ou de *soudure des plombiers*, on triture la cochenille avec de l'eau et on enlève la matière animale par lévigation. On reconnaît la *plombagine* aux traces noirâtres, que la cochenille laisse sur le papier blanc contre lequel on la frotte légèrement. Si l'on projette la cochenille véritable dans l'eau, elle se gonfle, et l'on peut distinguer facilement la structure de l'insecte ; la *cochenille imitée* se transforme en une bouillie, par suite de la dissolution de la matière mucilagineuse qui unissait les particules. La décoction de la cochenille falsifiée avec le *bois de Brésil* est colorée en violet intense par l'eau de chaux, qui décolore au contraire la cochenille pure.

Produits industriels dérivés de la cochenille. Ce sont le carmin, la laque carminée et la cochenille ammoniacale.

1° *Carmin*. Lorsqu'on mélange une décoction de cochenille avec des sels acides (crême de tartre, alun, bichlorure d'étain, etc.), il se forme des précipités colorés en rouge plus ou moins vif et intense. qui constituent le carmin du commerce, dont les propriétés, les usages, etc., ont été indiqués précédemment. — V. Carmin.

La préparation du carmin est peu connue dans ses détails, chaque fabricant gardant le secret du procédé qu'il emploie. Voici cependant quelques recettes :

(*a*) D'après Pereira, on fait une décoction aqueuse de cochenille noire, on filtre dans un vase large et peu profond, puis on ajoute du bichlorure d'étain et on laisse reposer ; il se forme peu à peu sur les parois du vase un dépôt de carmin, qu'on fait sécher, après avoir décanté le liquide clair.

(*b*) On fait bouillir pendant un quart d'heure 500 grammes de cochenille en poudre avec 10 litres d'eau, on ajoute 30 grammes d'alun, on maintient à l'ébullition pendant trois minutes et on laisse clarifier ; le liquide clair, soutiré, dépose au bout de quelques jours 40 à 50 grammes de carmin. Si l'on attend plus longtemps, il se produit un nouveau dépôt de couleur moins vive.

(*c*) On prend 500 grammes de cochenille en poudre et 15 litres d'eau, on fait bouillir pendant un quart d'heure, on ajoute 30 grammes de crême de tartre, on fait bouillir encore dix minutes, on ajoute 15 grammes d'alun et on fait bouillir deux minutes. Le liquide clarifié est abandonné à lui-même dans des vases plats en verre, et le carmin, déposé et lavé, est sèché à l'ombre.

(*d*) D'après Mme Cenette, on fait bouillir pendant deux heures 1 kilogramme de cochenille en poudre avec 75 litres d'eau, on ajoute 90 grammes de salpêtre pur, on fait bouillir trois minutes, on ajoute 120 grammes de sel d'oseille et on laisse bouillir dix minutes. Le liquide, éclairci par un repos d'un quart d'heure, est abandonné pendant trois semai-

nes dans des vases en verre plats. Au bout de ce temps, on sépare le carmin déposé du liquide surnageant, qui est couvert de moisissures ; on fait sècher à l'ombre.

Certains fabricants favorisent la séparation du carmin en ajoutant aux liqueurs de l'albumine ou de la gélatine.

2° *Laque carminée.* La laque carminée (laque de Florence, de Vienne, de Venise, etc.) est une combinaison d'une partie de la matière animale et du pigment de la cochenille avec l'alumine, que l'on obtient en traitant par l'alun et le carbonate de sodium, une décoction de cochenille ou les liqueurs qui ont laissé se déposer de carmin. — V. Laque.

3° *Cochenille ammoniacale.* On désigne sous ce nom une préparation fréquemment employée en teinture à la place de la cochenille, que l'on obtient en faisant agir l'ammoniaque sur la cochenille pulvérisée. — V. Carmine.

On distingue dans le commerce deux sortes de cochenilles ammoniacales : la *cochenille ammoniacale en tablettes* et la *cochenille ammoniacale en pâte.*

Pour préparer la première, on fait macérer pendant un mois, en vase clos, une partie de cochenille moulue et trois parties d'ammoniaque. On décante le liquide clair, puis on y incorpore 0,4 d'alumine en gelée, on évapore ensuite dans une bassine en cuivre, jusqu'à disparition de toute odeur ammoniacale, et lorsque la masse a pris par le refroidissement une consistance suffisante, on la découpe en tablettes qu'on fait sécher. Pour la cochenille ammoniacale en pâte, on ne laisse séjourner l'ammoniaque sur la cochenille que pendant huit jours, et on évapore le liquide aux deux tiers, sans y ajouter d'alumine. Cette dernière préparation est d'un tiers moins riche que la première en principe colorant (Persoz).

La cochenille ammoniacale est quelquefois mélangée frauduleusement avec de la laque carminée ; on reconnaît la falsification en déterminant le poids de la cendre. On peut du reste soumettre ce produit aux mêmes essais que la cochenille, afin d'en déterminer la valeur (teinture d'épreuve, essai colorimétrique).

Usages de la cochenille. La cochenille est employée en grande quantité dans la teinture et l'impression des tissus. Elle communique au coton, mordancé en alumine seule, une teinte rouge amarante ou rouge rose violacé ; si l'on fait agir en même temps la composition d'étain, la nuance vire au rouge ponceau. La teinture du calicot se fait à peu près dans les mêmes conditions que le garançage, mais elle ne se pratique plus que rarement depuis la découverte des couleurs d'aniline, et c'est plutôt dans les couleurs vapeur rouges et roses sur coton que la cochenille trouve maintenant des applications importantes. Dans la teinture de la laine et de la soie, on fixe la couleur au moyen de l'alun et de la crême de tartre ; on obtient ainsi le cramoisi ; pour le rouge écarlate, on fait intervenir la composition d'étain. Le groseille vif, le groseille violeté, le rouge, le vermillon, le rose, l'amarante vif, l'amarante rouge, l'amarante violeté et le pourpre sont les nuances que l'on peut obtenir avec la cochenille et la cochenille ammoniacale dans la teinture des laines ; on produit aussi sous le même tissu des couleurs vapeur roses, ponceau et amarante. La cochenille ammoniacale est aussi mélangée avec d'autres matières colorantes, en vue de l'obtention d'un certain nombre de nuances ; ainsi avec l'orseille, l'alun et l'acide oxalique, elle donne le grenat, avec le carmin d'indigo, l'alun et l'acide oxalique, elle donne du violet. Mais les nuances dérivées de la cochenille, surtout celles formées sur coton, sont peu solides, d'une faible stabilité sous l'influence des agents acides et alcalins (savon, carbonates alcalins, chaux), qui les font virer au violet bleuté (Schützenberger).

La cochenille est en outre employée pour colorer les liqueurs, les opiats et les poudres dentifrices ; on s'en sert également en médecine sous forme de poudre ou de sirop, et pour préparer une belle encre rouge, que l'on obtient en dissolvant, dans une décoction de cochenille, un peu de crême de tartre et y suspendant ensuite un morceau d'alun, jusqu'à ce que la couleur ait acquis le degré d'intensité voulue. — Dr L. G.

Bibliographie. — V. Carmin.

COCHENILLER. *T. techn.* C'est teindre avec la cochenille.

* **COCHETIER.** *T. de mét.* On nommait ainsi, au XIIIe siècle, les ouvriers qui fabriquaient les coches et autres véhicules.

* **COCHIN** (Nicolas), dessinateur et graveur à l'eau-forte, né à Troyes en 1619, mort à Paris en 1686. Il a gravé d'après ses compositions un assez grand nombre d'estampes où il se rapproche beaucoup de la manière de Callot, surtout dans les sujets civils. Comme lui, il anime des paysages au feuillage léger, un peu dans le sentiment de ceux de Breughel avec de petits personnages, dessinés avec aisance et exécutés d'une pointe très ferme, plus fine en général que celle de Callot. En outre de ces paysages rendus religieux par les scènes qu'ils encadrent, N. Cochin a gravé de nombreuses petites pièces d'imagerie de sa composition. Il a aussi copié quelques eaux-fortes de Rembrand. L'ornement ne figure dans son œuvre que par les cartouches d'encadrement de deux ou trois pièces.

* **COCHIN** (Noel-R.), graveur à l'eau-forte, frère ou fils du précédent. Né à Troyes, mort à Venise en 1695. Il a surtout gravé d'après Beaulieu, E. de La Belle et S. Leclerc, des sièges et des batailles de Louis XIV, dont les planches existent à la chalcographie du Louvre. Une planche relative aux guerres de César est gravée d'après son propre dessin.

** **COCHIN** (Charles), peintre, XVIIe siècle, connu seulement par l'acte de mariage de son fils et l'acte de baptême de son petit-fils.

* **COCHIN** (Charles-Nicolas), graveur, fils du précédent, né à Paris en 1688, mort dans la même ville le 5 juillet 1754. Il épousa, le 10 août 1713, Louise-Madeleine Hertemels, graveur, qui a ter-

miné un certain nombre de planches de son mari et de son fils, et qui mourut à l'âge de 81 ans, dans les galeries du Louvre, le 2 octobre 1767. C.-N. Cochin fut reçu membre de l'Académie, le 31 août 1731, sur les deux planches des portraits de Lesueur et de Sarrazin, conservées à la chalcographie du Louvre. Il habita d'abord rue Jacques, à l'enseigne de Charlemagne, avec cette devise : *Quis major Carolo Magno*, puis dans les galeries du Louvre où il mourut. Il a gravé, d'après Van-Dyck, Lemoine, Boullongue; d'après C. Sauvanet les peintures du dôme des Invalides; d'après Toro des trophées et des vases et d'après Bonneval des pompes funèbres (chalcographie du Louvre) et d'après son fils, les fêtes données à Versailles à l'occasion du mariage du dauphin en 1745.

Son dessin est facile, sa pointe est franche et son burin alourdit parfois l'esprit de ses préparations à l'eau-forte.

* **COCHIN** (Charles-Nicolas), dit le chevalier, dessinateur et graveur du roi, fils du précédent, né à Paris le 22 février 1715, mort sans avoir été marié, dans les galeries du Louvre, où il demeurait, le 29 avril 1790. Il commença de graver à l'âge de 12 ans des cartels d'après Vassé, et des frontispices d'après Lajoue, premiers travaux qui semblent avoir déterminé sa vocation pour la composition et la gravure des vignettes, des lettres ornées, des fleurons, des cartouches, des frontispices qui, avec les fêtes, composent le principal de son œuvre. De 1749 à 1751, il fit avec l'abbé Leblanc et Soufflot, à la suite du marquis de Marigny, un voyage d'Italie après lequel il publia le *Voyage pittoresque en Italie* (3 vol. in-8°, Paris 1756).

Ce voyage qui, coïncidant avec la découverte d'Herculanum, eut surtout par Soufflot une grande influence sur la transformation des arts en France, pendant la seconde moitié du XVIII^e^ siècle, fit la fortune de Cochin. Homme du monde d'ailleurs, et homme de plaisir, arbitre du goût depuis qu'il avait écrit sur l'art italien, aussi charmant causeur que spirituel dessinateur, graveur alerte, improvisant d'une pointe fine une foule de compositions, où de petits génies nus, égaient jusqu'aux traités de fortification et jusqu'aux leçons de géométrie, il ne fut point oublié par M. de Marigny qui occupa, au retour de son voyage d'instruction, le poste important de surintendant des bâtiments du roi, et commença par lui donner le cordon de chevalier de Saint-Michel.

Reçu membre de l'Académie le 27 novembre 1751, sur un dessin représentant *Lycurgue blessé* (gravé par Demarteau) il en fut nommé secrétaire perpétuel et historiographe le 15 janvier 1755, puis garde des dessins du cabinet du roi aux galeries du Louvre en même temps que dessinateur et graveur de sa majesté. C'est à ce titre qu'il reproduisit tous les événements de cour, bals et mariages ; baptêmes et funérailles ; dont les planches ont été gravées par lui, par son père ou par sa mère.

L'ensemble de ses œuvres se trouve dans le *Catalogue de l'œuvre de Cochin fils*, par Jombert. En outre de son *Voyage pittoresque en Italie*, Cochin a publié un assez grand nombre de travaux sur les arts et sur les artistes, et a laissé des *Mémoires inédits* qui viennent d'être retrouvés et mis au jour par M. C. Henry pour la « Société de l'Histoire de l'art français. » — A. D.

* **COCHOIR**. *T. techn.* Sorte de hache à l'usage du tonnelier, pour faire les entailles ou coches sur les cercles. || Outil de cordier, on dit aussi *toupin*.

* **COCHON**. *T. de métall.* Mélange de métal et de scories qui obstrue quelquefois les fourneaux.

* **COCHONNET**. *T. techn.* Cylindre de métal, gravé en hélice, qui fait partie de certaines machines à imprimer les toiles.

* **COCININE**. *T. de chim.* Matière grasse qu'on extrait du beurre de coco.

* **COCINIQUE** (Acide). *T. de chim.* Acide gras, produit par la saponification du beurre de coco avec de la potasse, et en précipitant le savon obtenu par un acide minéral; on dit aussi *acide cocostéarique*.

COCO. Fruit du *cocotier*. Avant que ce fruit arrive à complète maturité, sa pulpe passe par tous les degrés de consistance. On extrait du coco le beurre et l'huile de coco. (V. Beurre, § *Beurre de coco*, Huile). Le *coir* ou *brou* du coco, lorsqu'il a été roui, sert à faire de la corde. Les fibres du coco tressées servent à faire des sandales, des tapis, des paniers, etc. Grattée et polie, dit M. C. Regnaud, puis frottée d'huile ou lavée dans une solution alcaline, la noix de coco devient d'un beau noir et se transforme, entre les mains d'un ouvrier industrieux, en toutes sortes d'ustensiles de ménage ou de fantaisie. Elle remplace, pour des populations nombreuses, tous les objets employés aux usages domestiques, tasses, écuelles, fourchettes, cuillers, lampes, vases à conserver les liquides, etc.

COCON. Le cocon est l'enveloppe soyeuse dans laquelle la chenille d'un grand nombre d'espèces s'enferme et subit la dernière métamorphose qui en fait un insecte parfait.

Laissant de côté les variétés nombreuses de ces diverses espèces, notamment celles de l'ailante et du chêne, nous nous attacherons ici à l'étude du prototype, celui du ver à soie du mûrier.

Après la quatrième mue, a lieu la grande frèze, c'est-à-dire le grand appétit du ver jusqu'à son entier développement. Tout à coup il cesse de manger, se débarrasse de toute impureté et semble se recueillir pour le grand œuvre. Peu après, le voilà gagnant les hautes branches des paquets de bruyère ; là, fixé sur ses pattes de derrière, opérant un mouvement de pression sur ses deux réservoirs intérieurs et parallèles, remplis de bave soyeuse, il projette, par la double filière de sa trompe, située un millimètre environ en arrière du museau, deux brins de soie se soudant en un seul à leur sortie. Il attache ce fil en tous sens d'une brindille de bruyère à l'autre au réseau arrondi qui sert de base au précieux édifice. Ses

mouvements sont continus et précipités, il se tord et s'allonge jusqu'à 7 à 8 centimètres, déposant la bave soyeuse sur tous les points de la sphère et en cinq ou six heures s'enferme invisible. Ce premier travail accompli, la méthode se modifie. Sans briser une seule fois le fil merveilleux dont la longueur varie de 350 à 1,250 mètres, l'infatigable ouvrier tapisse l'intérieur de sa demeure sur un seul point d'abord, formant par le va-et-vient de sa trompe un peloton en forme de 8 appelé *paquet de soie*. Se déplaçant ensuite légèrement, il continue à déposer tout autour de lui, en tous sens, une succession de paquets de soie constituant une série d'enveloppes distinctes appelées *vestes de soie* que l'observateur pourra séparer. Selon les races, on peut en compter 30 à 40 d'une épaisseur d'environ deux centièmes de millimètres. En trois jours et demi ou quatre jours, le cocon est achevé et son hôte, diminué de moitié, s'endort du sommeil mystérieux à la suite duquel, environ quinze jours après, trouant son ouvrage, il sortira papillon mâle ou femelle. L'accouplement a bien vite lieu et la femelle se hâte de pondre ses œufs qui légèrement gommés adhèrent à la surface préparée par l'éleveur, assurant ainsi la reproduction de l'espèce.

L'homme ne permet cette résurrection qu'à quelques individus. Pour la plupart, aussitôt la délicate prison achevée, il s'en empare, étouffe la chrysalide par l'action d'une chaleur d'environ 60°; puis plongeant le cocon dans l'eau chaude, enlève le dessus plus grossier, cherche le brin, reprend le travail du ver en sens inverse et dévide pour son usage le fil incomparable qui s'appelle la *soie*.

La matière soyeuse contenue dans le double réservoir du bombyx renferme, d'après Mulder, les éléments suivants :

Matière fibreuse	53.37	54.04
Gélatine	20.66	19.08
Albumine	24.43	25.47
Cire	1.39	1.11
Matière colorante	0.05	0.00
Matière grasse et résineuse	0.10	0.30
	100.00	100.00

La fibroïne ou matière soyeuse pure, analysée par Cramer, donne la composition suivante :

Carbone	48.60	48.39
Hydrogène	6.40	6.51
Azote	18.89	18.40
Oxygène	26.11	26.70
	100.00	100.00

correspondant à la formule $C^{30}H^{46}Az^{10}O^{12}$.

Le cocon du mûrier renferme donc deux éléments principaux bien distincts; la *fibroïne* ou soie pure, matière unie blanche transparente, d'un brillant incomparable; et, d'une autre substance qui l'entoure, plus ou moins colorée, appelée *grès*. La soie pure, débarrassée du grès, perd de 20 à 25 0/0 de son volume et de son poids.

Le cocon parfait est un sphéroïde elliptique de 1 3/4 à 2 centimètres au petit diamètre sur une longueur de 3 1/2 à 4 centimètres. Un léger étranglement lui fait une ceinture centrale, le grain de la coque est régulier, petit et peu creusé. Il est blanc crême, jaune ou verdâtre, mais non de couleur trop vive. Le brin de la bave se détache facilement (fig. 360).

Il existe des cocons plus gros et plus petits, d'autres dont les bouts sont plus ou moins allongés. Il arrive aussi que les vers, se mettant à deux

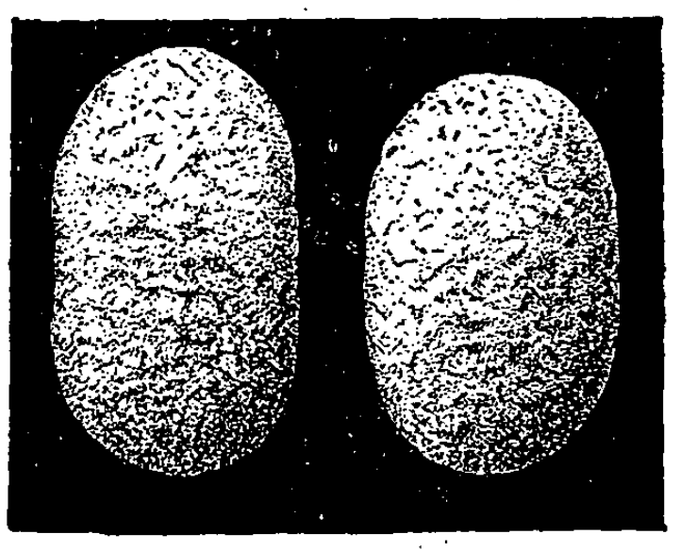


Fig. 360. — *Cocons.*

ou plus de deux, filent ensemble des cocons doubles ou multiples. On ne peut tirer de ces brins enchevêtrés que des produits inférieurs.

Les cocons défectueux peuvent se résumer comme il suit : le *cocon satiné*, mou de coque, d'aspect un peu nacré, manquant d'adhérence, trop riche en grès; le *cocon faible de pointes* manquant de fermeté aux extrémités; le *cocon ouvert* c'est-à-dire avec des parties de faible épaisseur lorsque l'insecte, comme dans le précédent, n'a pas déposé assez également les paquets de soie à l'intérieur; le *cocon étranglé* est celui dont la dépression centrale est une cloison trop mince et laisse le cocon se séparer en deux calottes à la filature; le *cocon muscardiné* ou *dragée*, gâté par la présence de la muscardine cryptogame microscopique; le *cocon céladon* ou *vert vif*, *soufré* ou *orange*, les exagérations de couleur viennent de quelque vice d'éducation; le *cocon dur à battre* dont la soie, saine du reste, est difficile à détacher; le *cocon craignant le feu* dont les paquets de soie se détachent mal, surtout si l'eau de la bassine est à une température élevée; le *cocon faible*, ouvrage d'un ver débile donnant peu de soie; le *cocon fondu ou chique*, gâté par le liquide putride d'un ver mort avant la métamorphose, ce cas est fréquent pendant les années humides; le *cocon non fin ou magnaude* est celui qui est cueilli avant son achèvement. Si l'on s'en aperçoit, on le pose à part et le ver achève son ouvrage.

Nous renvoyons au mot Soie les développements nécessaires à l'étude complète de cette branche de l'industrie humaine. — J. A. H.

***COCONILLE.** *T. techn.* Se dit de la soie que fournissent les cocons, battus, bouillis, cardés et filés.

***COCONNIÈRE.** — V. Magnanerie.

COCOTIER. *Bot.* Arbre de la famille des palmiers, tribu des cocoïnées. On le trouve sur les côtes est

de l'Afrique méridionale, dans l'Indoustan, la Cochinchine, etc. Il produit un fruit aux usages multiples (V. Coco). Le bois du cocotier sert dans les constructions, on l'emploie également à faire des lattes, des conduites d'eau, des barrières et même des ponts. Les feuilles servent à faire des nattes, des chapeaux, des éventails, etc.; leurs cendres sont très riches en sels de soude et donnent une bonne lessive. La sève du cocotier, recueillie par incision sur la tige donne le *vin de palme*, qui, fermenté, fournit un très bon vinaigre. Distillé, le vin de palme donne l'*arack*, qui n'est d'ailleurs qu'un alcool de très mauvaise qualité.

COCTION. *T. de savonn.* Opération qui consiste à saturer la pâte savonneuse par des affusions ménagées de lessives de soude alcalino-saline, de 25° à 27°. Cette opération se pratique à chaud. — V. Savon.

***CODÉINE.** Alcaloïde extrait de l'opium qui entre dans la composition d'un produit pharmaceutique, sous la forme de pâte ou de sirop, et que la Faculté de médecine reconnaît très efficace dans le traitement des affections de poitrines, les gastralgies et les maladies organiques.

COEFFICIENT. On nomme ainsi en algèbre, toute quantité numérique ou littérale, en multipliant une autre. Ainsi dans l'expression $3a+4b+2c$, 3, 4, 2, sont les coefficients de a, b, c, ; dans l'expression ab qu'on peut aussi écrire ba, a et b sont alternativement coefficients l'un de l'autre, mais, d'une façon générale, dans un produit de plusieurs facteurs, le facteur coefficient est celui qui précède les autres. Dans une équation, les coefficients sont les facteurs connus qui affectent les inconnues. || *Coefficient différentiel.* Dans le calcul différentiel on nomme ainsi la limite du rapport de l'accroissement de la fonction à l'accroissement de la variable indépendante.

En physique, en chimie, en mécanique, on emploie le mot *coefficient*, mais en le qualifiant de façon à indiquer nettement à quoi il se rapporte ; ainsi l'on dit : *coefficient de dilatation, d'élasticité, de frottement*, etc... Tous ces coefficients sont des facteurs invariables, déterminés par expérience, et constants pour une même substance prise dans les mêmes conditions.

COERCITIVE (Force). *T. de phys.* On donne ce nom à la force qui, dans l'hypothèse des deux fluides magnétiques, s'oppose à la séparation de ces fluides ou à leur recomposition, lorsqu'ils ont été séparés par l'aimantation. Cette force est très faible dans le fer ordinaire, nulle dans le *fer doux* (fer débarrassé des matières étrangères : carbone, phosphore, azote, silicium, etc.). Elle est très grande dans l'acier et d'autant plus énergique que la trempe a été plus dure. Cette force varie aussi avec la température ; l'acier porté au rouge-blanc en est totalement dépourvu ; mais il la reprend par le refroidissement. Les actions mécaniques (choc, torsion, flexion) peuvent donner au fer de la force coercitive.

***CŒSIUM.** — V. Césium.

***COËTE.** *T. techn.* Sorte de table sur laquelle, dans certains ateliers de glacerie, on pose les glaces de champ au sortir du four ; on écrit aussi *coète.*

CŒUR. *T. techn.* 1° Pièce d'horlogerie qui dégage la détente de la sonnerie. || 2° Pierre qui sert, dans certains cas, à enlever la laine des peaux de mouton, après le passage à la chaux. || 3° Dans un vitrage, milieu d'une verge de plomb. || 4° *Cœur de cheminée.* Le milieu de la cheminée, où se trouve la plaque au-dessus du foyer. || 5° Dans le style ogival flamboyant, ouverture en forme de cœur pratiquée dans une fenêtre, une porte, une balustrade. || 6° Pointe que forment les rails aux croisements d'une voie de chemin de fer. || 7° Excentrique employé pour les changements de mouvement circulaire en mouvement horizontal de va-et-vient. Le cœur n'est plus du tout, ou à peu près, employé en filature de laine cardée, il a été avantageusement remplacé par un autre genre d'excentrique. || 8° *Art hérald.* Centre de l'écu ; on dit aussi *abîme.*

***COFFINE.** *T. techn.* Sorte d'ardoise à surface courbe.

***COFFINER.** *T. techn.* Courber.

***COFFRAGE.** *T. de min.* On nomme *coffrage* le revêtement en planches qui constitue les parois pleines d'un puits ou d'une galerie de mines, et qui s'oppose à l'éboulement des terres. Dans les galeries ou puits de grandes dimensions, les planches du coffrage sont maintenues de distance en distance par des *châssis* ou des *cadres*. Dans les galeries ou puits de faibles dimensions, les supports en charpente n'existent pas ; les planches de revêtement sont alors assemblées entr'elles, de manière à former de larges *châssis coffrants*, qu'on place jointivement. C'est cette disposition qui constitue le système *hollandais* pour les galeries ou rameaux et le système de *Boule* pour les puits. Les planches de coffrage, employées dans la confection des puits et des galeries, sont des planches de sapin de $0^m,04$ d'épaisseur sur $0^m,22$ de largeur et $1^m,20$ de longueur.

I. **COFFRE.** Sorte de caisse à couvercle, fermée avec une serrure. La grandeur et la forme des coffres varient suivant les usages auxquels on les destine. Le bahut, la malle sont des coffres. Fabriqué avec du bois mince, le coffre sert à renfermer des chapeaux, des chiffons de femme : de petites dimensions, en bois précieux, il est destiné à contenir des bijoux.

II. **COFFRE.** 1° *T. de min.* Dispositif composé de châssis et de planches qui forme la charpente et le revêtement intérieur d'une galerie, d'un rameau ou d'un puits de mine. || 2° *T. de fortif.* Abri défensif en charpente muni de créneaux, que l'on construisait dans l'ancienne fortification pour défendre l'intérieur des chemins-couverts ou pour flanquer les fossés des demi-lunes et des contregardes avec de la mousqueterie.

De nos jours, on a supprimé dans la fortification les dehors, les chemins couverts et tous les

dispositifs destinés à surveiller les abords des forteresses et à les défendre contre une surprise ou une attaque de vive force. Il en résulte de sérieux inconvénients auxquels on vient de proposer de remédier par l'emploi de *coffres-avertisseurs* blindés, disposés en avant des forts sur les glacis. Ces coffres, placés à 150 ou 200 mètres en avant de chaque saillant du fort, auxquels ils sont reliés par une galerie souterraine, contiennent chacun un poste spécial. Une communication électrique souterraine permet au chef de ce poste, à l'aide d'une sonnerie et d'un téléphone, de tenir le commandement du fort constamment au courant des moindres incidents et des moindres bruits qu'il perçoit pendant la nuit en avant de la position. Avec trois ou quatre vigies de ce genre bien réparties et quelques hommes sûrs, on peut mettre un fort complètement à l'abri de toute surprise dans une zône de 300 mètres au moins en avant de la contrescarpe (V. CONTRE-APPROCHE). || 3° *T. de mar.* Dans un navire, espace compris entre le pont et les murailles. || 4° Caisses employées autrefois sur les navires pour contenir les armes, médicaments, instruments de chirurgie, etc. Elles sont aujourd'hui, sur certains bâtiments, remplacées par des armoires et des étagères. || 5° *T. d'artill.* Caisse à compartiments destinée au transport des munitions des pièces de campagne. || 6° Boîte remplie de poudre, remplaçant quelquefois la fougasse. || 7° *T. de p. et chauss.* Assemblage de pièces de bois, formant caisse sans fond, employée dans les fondations des piles de pont et dans les sondages. || 8° *T. de const.* Faux tuyau dans une souche de cheminée. || 9° *T. de fact. de mus.* Corps d'un clavecin, orgue, piano. || 10° Dans une voiture, c'est la caisse sur laquelle se placent les coussins et dans laquelle le cocher renferme les objets nécessaires à son service. || 11° *T. de pot.* Caisse rectangulaire en bois, portant à la partie supérieure une ouverture pour le passage des pilons devant broyer les matières premières. || 12° Caisse enduite intérieurement de plâtre, maintenu toujours humide, où l'on dépose les poteries ébauchées pour éviter leur trop prompte dessiccation. || 13° Caisse de bois qui contient la bluterie d'un moulin.

COFFRE-FORT. Meuble spécialement destiné à serrer les objets de valeur, tels que métaux précieux, monnaies, titres, bijoux, etc. et les mettre à l'abri du feu et des voleurs. Un coffre-fort résume l'art de la serrurerie, dont il met en œuvre toutes les ressources.

FABRICATION. Il faut distinguer deux parties dans la construction des coffres-forts : le meuble en lui-même, puis la serrure qui en assure la fermeture. Il y en a de deux sortes, les coffres-forts *en fer et bois*, et les coffres-forts *tout en fer*. Les premiers, fabriqués seuls pendant longtemps, tendent de plus en plus à être abandonnés, si ce n'est pour les articles à bas prix. La construction en est d'ailleurs assez simple. Elle consiste à revêtir une caisse en bois, tant à l'intérieur, qu'à l'extérieur, de plaques de tôle, fixées par des clous rivés ou des vis, et dont l'épaisseur, ainsi que la bonne disposition des montures forme toute la sûreté. La valeur de ces pièces est assez médiocre en elle-même, pour qu'il soit inutile d'insister beaucoup à leur sujet. On comprend facilement que dans le cas d'incendie, par exemple, l'âme en bois du coffre favorise la transmission de la chaleur d'une paroi à l'autre. D'autre part, les plaques de tôle, à moins d'épaisseur peu pratique, sont facilement perforées, le système de monture de ces pièces n'est pas non plus à l'abri des attaques des malfaiteurs, il suffit de faire sauter quelques rivets pour pouvoir introduire une pince, séparer les pièces les unes des autres, et éventrer le coffre.

Les coffres-forts tout en fer ont d'abord été, et sont souvent encore composés de plusieurs morceaux rapportés ensemble et assemblés. L'enveloppe est formée de plaques de tôle plus ou moins épaisses, ajustées sur une cage ou bâti tout en fer, et consolidées par des bandes du même métal. Cette première caisse en renferme une seconde, laissant un vide plus ou moins grand entre les deux. Toutefois, cette disposition était loin d'offrir une sauvegarde suffisante contre l'incendie, et la seconde caisse rougissait comme les parois en contact direct avec le feu. Aujourd'hui on remplit ce vide de matières particulières, mauvaises conductrices de la chaleur, qui préservent beaucoup mieux la caisse intérieure. Ces ciments peuvent être composés d'un grand nombre de matières différentes, du kaolin, des cendres, du plâtre, de la chaux, de la brique pilée, etc., etc. On est arrivé aujourd'hui à établir des coffres-forts véritablement à l'abri du feu. De nombreux modèles, soumis à des expériences de ce genre, ont prouvé leur qualité à cet égard ; des coffres-forts ont été retrouvés après la destruction par l'incendie des immeubles où ils étaient renfermés. L'on y voit les traces du feu sur les parois extérieures, tordues sur presque toutes les faces, et dont les parois intérieures de la seconde caisse montrent, au contraire, leur peinture encore intacte, l'une des caisses que nous avons vue contient encore des boîtes en bois qui y étaient placées, et que le feu n'a nullement atteintes. Toutefois, une des conditions nécessaires pour obtenir ces excellents résultats, consiste encore dans la façon dont sont disposés les joints de la porte ou de la serrure, qui ne doivent offrir aucun passage au feu.

Au point de vue de la sécurité, les coffres-forts dont nous venons de parler laissent encore un peu à désirer, par le système d'assemblage à rivure des pièces. Aussi un des plus grands perfectionnements apportés dans cette industrie résulte-t-il de la suppression de ces assemblages en établissant les caisses d'une seule feuille de tôle pliée, ou roulée aux angles.

Ces coffres-forts se composent de deux caisses, placées l'une dans l'autre, chacune d'elles formée de trois parois d'une seule venue, et les deux caisses, encastrées l'une dans l'autre de telle sorte que les faces de la première offrant des assemblages, c'est-à-dire le dessus et le dessous, correspondent à des faces sans assemblages de la seconde. L'écartement entre les tôles est maintenu

par des entretoises. Il n'y a donc ni clou, ni joint, ni vis, ni rivures offrant une prise aux outils avec lesquels on viendrait attaquer le coffre.

Les portes sont construites d'après le même principe général, elles sont montées sur la caisse soit à l'aide de cols de cygne, ou de pivots. Ce dernier système est de beaucoup préférable, il évite de pratiquer dans les parois des vides qui nuisent à la solidité et à la sécurité. Il est vrai que la porte ne peut pas se développer autant, elle ne s'ouvre seulement que d'équerre. Si c'est là une gêne, elle est amplement compensée par l'observation des conditions fondamentales que doit remplir un coffre-fort.

L'ajustement de la porte est un des points essentiels de la bonne construction de ces pièces. On comprend facilement que les voleurs chercheront toujours à attaquer, en premier, le coffre par ces joints. Parmi les nombreux systèmes imaginés pour la solution de cette partie du problème, on doit citer celui adopté en premier lieu par P. Haffner. Au lieu d'un simple battement, la porte repose sur une double feuillure à pénétration, à l'aide d'un fer de forme spéciale; et comme les pènes de la serrure viennent s'appliquer derrière ce fer, il est impossible de les attaquer par le joint de la porte, cette disposition offre une nouvelle garantie d'abri contre le feu. Enfin, pour s'opposer aux attaques contre la serrure, par un forage latéral des parois, on a disposé, en ces endroits,

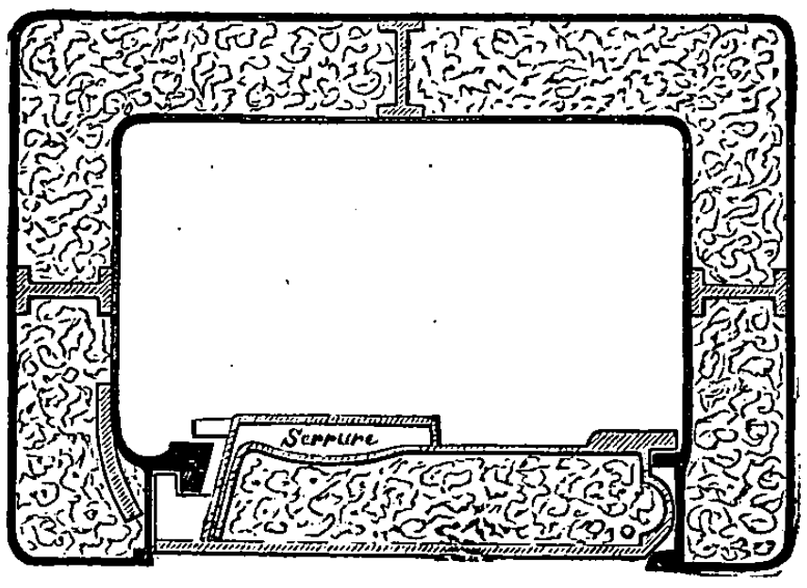


Fig. 361.

des plaques d'acier entre les deux parois, opposant un obstacle insurmontable à l'action des outils qui auraient pu traverser la tôle. Le second joint de la porte, du côté des pivots, est également protégé à l'aide d'une pièce nouvelle, rapportée intérieurement contre la porte, qui se rabat sur la caisse, et qui alors même qu'on aurait pu couper les pivots, empêche la porte de tomber de son cadre. La figure 361, qui donne la coupe en plan d'un coffre-fort fait bien ressortir toutes ces conditions de construction.

Des divisions intérieures, formées par des tablettes ou de petits coffrets, sont déterminées suivant la destination spéciale des coffres-forts. L'extérieur est enrichi de moulures en fer. Les portes sont, suivant leurs dimensions, à un ou à deux vantaux. Dans ce dernier cas, le vantail dormant est fermé par un système de verrous intérieurs, et est absolument condamné par la fermeture du second vantail.

La serrure des coffres-forts est une pièce de première importance, elle doit être mise à l'abri de toute tentative d'effraction. Pendant longtemps on a employé la serrure dite *à pompe*, inventée par Bramah. Cette serrure est incrochetable, mais elle peut être fraisée. Les serrures à combinaison sont venues ensuite, les premières n'étaient qu'une application du cadenas dit *à lettres*.

Le mécanisme se compose, comme on le sait, de rondelles intérieures, gouvernées chacune par un bouton à lettres, placé à l'extérieur de la porte. Elles agissent sur une pièce d'arrêt qui, en se plaçant dans une encoche, ménagée à la queue du pène, empêche l'ouverture de la serrure, à moins que cet arrêt indépendant de la clef ne soit rendu libre par la situation relativement déterminée des rondelles entre elles, pour le mot qui a été choisi. Ce mot peut être choisi à volonté, par une modification apportée une fois pour toutes.

De nombreux systèmes de combinaisons ont été imaginés pour ces serrures. On en a fait sans clefs, mais les plus ingénieuses reposent sur des calculs arrêtés, dont la marche est régulière et ne présentent de garanties sérieuses contre la malveillance, que par le nombre plus ou moins grand de thèmes qu'elles laissent à composer. Enfin, cette même complication entraîne des difficultés de fabrication, qui laissent souvent l'instrument très imparfait.

Tous ces divers systèmes présentent d'ailleurs un inconvénient de la plus haute gravité pour les coffres-forts. Ils comportent des boutons ou des rondelles, en un mot des signes extérieurs et apparents, qui nécessitent de nombreuses ouvertures dans les parois de la porte, et diminuent la solidité en offrant des points d'attaque multipliés. Pierre Haffner a imaginé un système, qui ne présente aucun des inconvénients des précédents.

Toutes les parties extérieures sont supprimées et la même clef sert à commander tout le jeu du mécanisme. La serrure est à double gorge, elle fonctionne excentriquement et est incrochetable au demi-tour, comme aux gros pènes. Il y a deux entrées pour la clef, l'une sert à faire mouvoir la combinaison, l'autre à faire fonctionner les pènes. La clef de la serrure est revêtue d'un jeu de chiffres, et chacun des canons de la combinaison d'un point de repère de comptage. Cette disposition de chiffres sur l'embase de la clef permet à l'opérateur de déjouer toute indiscrétion, en faisant semblant de compter depuis un chiffre quelconque, tandis qu'en réalité il ne compte que depuis qu'il a vu passer devant le point de repère du canon le chiffre qui doit lui servir de point de départ de comptage. Enfin, par un dernier perfectionnement, la combinaison se brouille d'elle-même, à la simple fermeture de la porte.

Généralement les serrures des coffres-forts sont établies dans l'épaisseur même de la porte. C'est là au point de vue de la sécurité une faute capitale, car on compromet précisément la solidité de

la pièce à laquelle les voleurs s'attaquent de préférence, et on leur en facilite les moyens par les points d'attache que l'on doit forcément établir. Ces serrures doivent être tout entières disposées sur la paroi intérieure, comme dans la disposition P. Haffner et la porte ne doit recevoir d'autre entaille que celle qui est nécessaire pour le passage de la clef. — V. SERRURE.

La clef de la serrure présente seulement une longueur de canon plus grande qu'une clef ordinaire; cet inconvénient est facile à éviter par une disposition spéciale qui permet de replier la clef sur elle-même pour la ramener aux dimensions habituelles, quand on doit la porter sur soi.

On construit des serrures exigeant, pour être ouvertes, le concours de plusieurs clefs, déposées entre des mains différentes. Il n'y a pas besoin, pour obtenir ce résultat, d'avoir plusieurs entrées, une seule peut suffire, on établit seulement une double ou triple combinaison, chacune commandée distinctement par une des clefs, et les pènes ne sont dégagés qu'après l'ouverture de chacune de ces combinaisons. — V. SERRURE.

Nous devons citer, comme dernier perfectionnement, le coffre-fort en fer à isoloir : cet isoloir renferme le coffre proprement dit, en laissant un intervalle de 20 centimètres sur toute la périphérie. Ce coffre-fort remplace les chambres en fer, qui, trop éloignée du bureau, sont établies dans les caves et sous-sols où elles se rouillent, empêchant ainsi le bon fonctionnement de la serrure.

Nous terminerons cet article en signalant les coffres-forts meubles qui sont aujourd'hui d'un usage très courant. Ils sont formés essentiellement d'une caisse tout en fer placée dans un meuble en palissandre, acajou, bois de rose, etc... ; en forme de bahut, chiffonnier, ou secrétaire. Dans ce dernier cas, le coffre-fort est placé en bas.

COFFRET. Petit meuble fermé à clef, ordinairement destiné à serrer des bijoux ou objets précieux.

— Le moyen âge a produit un grand nombre de ces petits coffres que les dames et les seigneurs emportaient dans leurs moindres déplacements; on les fabriquait en ivoire, en cuivre émaillé, en or et en argent ciselé ou repoussé; les trésors des cathédrales et les musées en ont conservé un certain nombre que l'on considère comme des chefs-d'œuvre d'exécution. La cathédrale de Sens possède un coffret en ivoire peint et sculpté représentant l'histoire de David et celle de Joseph; la célèbre *cassette de saint Louis*, qui appartient au Musée du Louvre, est également très remarquable par les sculptures et les émaux qui la décorent; il faut encore citer l'admirable coffret du xe siècle de la collection Soltykoff; il est en ivoire bordé de lames de cuivre doré finement gravées.

* **COFFRETERIE.** Profession du coffretier.

COFFRETIER. T. *de mét.* Celui qui fait des coffres; on dit plutôt *tabletier*. Le *coffretier-emballeur* est celui qui confectionne les caisses pour le transport des marchandises.

— Les *coffretiers* ou *bahutiers* formaient autrefois une corporation dont les statuts remontent à 1596. Il fallait cinq années d'apprentissage et cinq années de compagnonnage pour obtenir la maîtrise. Beaucoup d'entre eux étaient de véritables artistes qui fouillaient le bois avec une grande habileté de main, et quelques bahuts conservés dans nos musées peuvent être considérés comme des chefs-d'œuvre de sculpture.

* **COGNAC** (EAU-DE-VIE DE). Le nom de *cognac* ou *d'eau-de-vie de cognac* était autrefois exclusivement réservé à la variété d'eau-de-vie très estimée, que l'on préparait dans la région où se trouve située la localité de Cognac (Charente), en distillant sur place les vins blancs de certains crûs spéciaux. Avant d'être livré à la consommation, le produit de la distillation, qui marquait 55° à 60° à l'alcoomètre, était conservé en fûts pendant un temps plus ou moins long, souvent pendant plusieurs années ; il y acquérait, en même temps qu'une coloration ambrée due à la dissolution d'une partie des principes extractifs du bois, un complément de saveur et d'odeur (bouquet). Ce bouquet spécial, dû exclusivement à des réactions spontanées, joint à la finesse du goût, faisait du cognac une des premières eaux-de-vie de France et du monde entier.

Quelques producteurs ajoutaient souvent à l'alcool sortant de l'alambic un peu de sirop de raisin, et 1/2 à 1 0/0 de rhum, pour adoucir et remonter le goût ; mais ces manipulations inoffensives ne constituaient pas à proprement parler une tromperie sur la qualité de la marchandise vendue.

En résumé, les eaux-de-vie de cognac se distinguaient toujours : 1° par le choix judicieux des crûs distillés ou *brûlés* ; 2° par les soins apportés à la distillation ; 3° par le vieillissement naturel, d'abord en fût, puis en bouteille.

Eau-de-vie façon cognac. Il s'est produit pour les eaux-de-vie de Cognac ce qui est arrivé pour toutes les boissons possédant une saveur spéciale estimée du public : la demande surpassant de beaucoup la fabrication, les négociants ont été amenés d'abord à *couper* le cognac avec des eaux-de-vie plus communes, puis à vendre sous le nom de *cognac* des eaux-de-vie de toute provenance, mais additionnées de substances aromatiques destinées à imiter le parfum et la saveur appartenant au cognac vrai. Ensuite, pour éviter l'immobilisation de capitaux et la diminution de richesse alcoolique causées par le vieillissement en fût, on a été amené à donner artificiellement aussi la couleur à l'aide du caramel, de la mélasse, du brou de noix, du cachou, et récemment à l'aide du brun d'aniline. Enfin, pour donner au liquide ainsi préparé la propriété de faire la *perle* ou le *chapelet*, quand on l'agite, on y ajoute un peu d'ammoniaque.

Les formules pour composer ces mélanges appelés *sauces* sont très nombreuses, chaque producteur a la sienne. Voici, d'après M. Chateau, une des recettes les plus employées :

Cachou	250	grammes.
Sassafras	468	—
Fleurs de genêts	500	—
Thé suisse	192	—
Thé hytwin	128	—
Capillaire	128	—
Réglisse verte	500	—
Iris de Florence	16	—
Alcool à 85°	6	litres.

Le goût, l'arome et la vieillesse peuvent être fournis à de bonnes eaux-de-vie, en ajoutant simplement à un hectolitre :

Rhum.	1 lit. 5
Kirsch.	1 lit. 5
Infusion de brou de noix.	0 lit. 5
Ammoniaque.	0 kil. 020 gr.
Sirop de raisin	2 litres.

IMITATION DU COGNAC AVEC LES ALCOOLS D'INDUSTRIE. Les pratiques que nous venons de décrire, et que les intéressés décorent du nom d'améliorations étaient évidemment blâmables, mais les liqueurs ainsi travaillées avaient encore pour base le produit de la distillation du vin, c'est-à-dire l'eau-de-vie, et leur usage était moins nuisible que celui des liquides que l'on vend sous le nom de *cognac* depuis que, par suite des ravages de l'oïdium et du phylloxera, la matière première de l'eau-de-vie, le vin, a manqué presque complètement.

En effet, pour combler le déficit et suffire à la consommation, on s'est adressé aux alcools d'industrie (de mélasse, de betterave, de grains, de pommes de terre, etc.), que les progrès réalisés dans la construction des appareils de rectification permettent de livrer à 85° ou 90°, et presque débarrassés de toute saveur ou de toute odeur désagréables. Ce sont ces alcools (dits alcools *bon goût*), qui, ramenés à 50° environ par une addition d'eau, puis colorés et parfumés artificiellement, constituent, nous ne dirons pas la totalité, mais la presque totalité des liqueurs consommées sous le nom de *cognac*, d'*armagnac*, de *fine champagne*, etc.

Depuis que ces alcools d'industrie sont entrés dans la consommation de bouche, l'usage des sauces, des bouquets, des sèves, des essences de cognac, des extraits de cognac, etc., est devenu général, et, en quelque sorte, indispensable, car on est obligé de masquer par un parfum énergique le goût et l'odeur originels qu'un palais, même peu exercé, reconnaîtrait sans peine.

L'industrie du distillateur-liquoriste se réduit presque entièrement aujourd'hui à l'emploi plus ou moins intelligent des produits de la parfumerie, produits que des industriels spéciaux fabriquent en grand et vendent ouvertement.

Les manipulations pour transformer les alcools d'industrie en cognac sont les mêmes que celles usitées pour imiter tous les produits similaires (rhum, kirsch, etc.). — V. EAU-DE-VIE.

FALSIFICATION DU COGNAC CHEZ LES DÉTAILLANTS. Aux sophistications que nous venons d'indiquer, l'appât du gain, la concurrence, la nécessité de vendre à bas prix, en ont fait ajouter d'autres. Certains distillateurs-liquoristes qui travaillent les liqueurs dans l'intérieur des villes, certains détaillants peu scrupuleux, additionnent largement d'eau les cognacs qu'ils reçoivent à 40° ou 50°, et les ramènent à 30° ou même 20°, les colorent de nouveau, puis, pour leur rendre la saveur forte et brûlante des alcools à haut titre, ils y ajoutent des infusions de poivre ordinaire, de poivre long, ou des extraits de gingembre, de piment, de stramoine, de pyrèthre, d'ivraie, et souvent de l'alun et du laurier cerise.

Ces fraudes se pratiquent indistinctement sur toutes les boissons alcooliques ; les procédés pour les déceler sont décrits à l'article EAU-DE-VIE. — P. G.

COGNÉE. *T. techn.* Hache à long manche qui sert à couper le gros bois. Autrefois, en disait *coignée*.

***COGNEUX**. *T. techn.* Outil de fondeur qui sert à frapper le sable à moule ; on dit aussi *coigneux*.

***COGNOIR**. *T. de typogr.* Morceau de bois dur aminci en forme de sifflet ou morceau de fer dont l'extrémité forme encoche, dont les compositeurs se servent pour serrer et desserrer les formes ; on dit aussi *décognoir*.

COIFFE. *T. de cost.* Ajustement de tête à l'usage des femmes. || Garniture de l'intérieur d'un chapeau. || Dans une chèvre, partie supérieure de cette machine. || Tissu auquel adhèrent les cheveux dans la confection d'une perruque.

COIFFER. *T. techn.* Arranger les cheveux, les friser avec goût ; orner la chevelure d'une femme avec des fleurs, des rubans, etc. || *Coiffer une bouteille*, envelopper son bouchon pour empêcher le liquide de s'éventer. || Coiffer un livre, c'est, chez le relieur, arranger le cuir à chaque extrémité du dos.

COIFFEUR. Celui qui fait métier de coiffer, d'accommoder les cheveux.

Ce ne fut guère que dans les premières années du XVIIe siècle, que l'on donna en France le nom de *coiffeur* à celui qui exerce l'art de disposer les cheveux en harmonie avec la physionomie des individus.

— Chez les anciens, le coiffeur portait la dénomination de *tonsor*. Non seulement il coupait les cheveux et rasait, mais il épilait et faisait les ongles. Les riches Romains avaient des esclaves qui remplissaient auprès d'eux les fonctions de *tonsores*. Quant aux femmes, lorsqu'elles ne se coiffaient pas elles-mêmes, elles avaient également des esclaves pour remplir cet office qui, si l'on en juge par les coiffures compliquées des dames de l'antiquité, ne devait pas être une sinécure.

Au commencement du règne de Louis XIV, comme sous les règnes précédents, les grands seigneurs confiaient encore à leurs valets le soin de leur tête, et les perruquiers se contentaient de coiffer ou plutôt de couper les cheveux aux gens du peuple. C'est alors que, pour la première fois, parurent les *coiffeurs de dames*, dont la profession, suivant eux, appartenait aux arts libéraux, tandis que celle de perruquier appartenait aux arts mécaniques.

Vers la fin du règne de Louis XIII, les coiffeuses en vogue étaient :

La Baransay, la Jeanneton,
La Poulet et la Bariton,

citées dans la *Muse historique* de Loret (21 octobre 1650).

Mais ces dernières furent bientôt éclipsées par le fameux Champagne, dont les auteurs contemporains célèbrent à la fois la renommée et l'insolence. C'était un personnage d'une hardiesse rare, et qui laissait ses clientes à demi-coiffées, quand il lui prenait fantaisie de plaisanter. Malgré cela, rapporte Tallemant, les femmes couraient après lui, faisant trophée d'être coiffées par ses mains, et le payaient follement de cadeaux, car il se

donnait les airs de ne point recevoir d'argent. Il fut longtemps le coiffeur de la reine de Pologne, Marie de Gonzague, qui l'emmena à Varsovie, pour qu'il la coiffât le jour de son sacre. De Pologne, Champagne passa en Suède et revint en France avec la reine Christine. Il périt dans le Midi, assassiné par des brigands.

Le siècle de Louis XIV eut aussi ses coiffeuses célèbres. Outre la Prime, citée dans le *Roman bourgeois* de Furetière (1666), et dont il est question dans l'*Historiette* de Tallemant consacrée à Voiture, Mme de Sévigné, en décrivant les modes capillaires de son temps, n'oublie pas de mentionner les coiffures *à la Montgobert*, demoiselle de compagnie de Mme de Grignan, et surtout la coiffure *à l'hurluberlu*. Cette dernière avait été inventée, en 1671, par « la Martin. »

Dagé fut aussi célèbre à la cour de Louis XV que l'avait été son prédécesseur Champagne à la cour de Louis XIV. Après la mort de Mme de Pompadour (15 avril 1734), il se retira dans sa propriété entre Sèvres et Saint-Cloud, près du village de Vélizy.

Profitant de cette circonstance, les coiffeuses cherchèrent à faire de nouveau une concurrence sérieuse aux coiffeurs pour dames. La Dufour, entre autres, eut une certaine réputation. Mais la succession de Dagé, si l'on en croit les Mémoires de Grimm, devait échoir au sieur Lameth, le coiffeur de la célèbre danseuse Mlle Guimard ; et les artistes féminins se virent désormais forcés de quitter la cour pour la ville. Après Lameth, un coiffeur de Versailles, nommé Larseneur, ayant étalé des poupées à coiffures basses qui plurent à Mesdames, filles de Louis XV, elles l'essayèrent et le mirent en vogue. C'est environ vers cette époque que Larseneur fut envoyé à Vienne, par la cour de France, au devant de Marie-Antoinette, pour lui prêter ses services, et il revint avec la suite de la nouvelle Dauphine.

Ce fut le grand Léonard, *académicien de coiffures et de modes*, comme il s'intitulait lui-même, qui, libre de toute rivalité redoutable, devint le coiffeur accrédité de la reine. Cet artiste capillaire, gascon d'origine, et dont le véritable nom était Autier, eut une vogue inouïe, et compta au nombre de ses clientes préférées les Sophie Arnould, les Duthé, les Clairon, les Adeline, etc. Il est vrai qu'il fit une révolution dans la manière de disposer les cheveux et transforma les têtes des femmes en monuments d'architecture. La vicomtesse de Laval, qui avait un peu de singularité dans la façon de se mettre, lit-on dans les Mémoires de Mme de Genlis, parut un jour de grande fête, coiffée par Léonard, avec une serviette damassée coupée par bandes et mise en pouf. Ce fut un succès de vogue.

Les triomphes de Léonard n'empêchèrent pas quelques-uns de ses confrères de se produire. Tels sont : Martinet, l'inventeur des *circonstances;* Dupuis, qui, pour donner plus d'élévation à ses coiffures, *opérait* juché sur un escabeau; Pascal, auteur de la coiffure au *parterre galant;* le fameux Legros, coiffeur de M. de Sartines; Lefèvre, coiffeur de Diderot; puis enfin Depain, lequel eut la gloire de rivaliser avec Léonard, et auquel Mercier, dans son *Tableau de Paris*, ne dédaigna pas de consacrer un chapitre.

Quand la Révolution éclata, les coiffeurs émigrèrent comme les marquis et les maîtres à danser. Ils ne revinrent en France, pour la plupart, qu'après le 9 thermidor.

Parmi les plus renommés, il faut d'abord citer Duplan, le coiffeur de Talma, rue de Buffaut. Il prenait le titre d'artiste (an VII). Rey vint ensuite et devint fameux parmi les belles coquettes du Directoire, grâce à sa coiffure *à l'Aspasie*. Le coiffeur Tellier, rue « ci-devant Richelieu, en face du théâtre de la République, » vient au troisième rang sur cette liste glorieuse.

C'est alors que Michalon se fit un grand renom dans l'art si difficile de bien coiffer. Michalon donna à la coiffure une impulsion puissante, et c'est à lui, dit-on, que les vitrines des coiffeurs doivent l'origine des bustes en cire qui les décorent. Restent Richon, le coiffeur de Mme Récamier; Constant, le coiffeur de Napoléon Ier; Plaisir, qui brilla sous la Restauration ; Croizat et son rival Théodore, auteurs des fameuses coiffures *à la Girafe*; Duchesne, coiffeur de M. de Salvandy. Nardin, Guillaume, Mariton et Hamelin eurent ensuite une grande vogue; mais ces derniers furent éclipsés par le talent hors ligne de Majesté, coiffeur de la cour sous Louis-Philippe.

Aujourd'hui, les coiffeurs de talent sont fort nombreux. Après le célèbre Jasmin, le coiffeur-poète, nous nous bornerons à signaler M. Caumont, coiffeur de l'empereur Napoléon III, et M. Félix Escalier, auteur de la charmante coiffure dite *à l'Impératrice*. MM. Leroy, Constant, Balade, Beaumont, Randon, Leblond, Florentin-Dufour, Robert, Dondel, Pétrus, Syret, Auguste Petit, etc., etc., ont été pendant plus de vingt années consécutives les pourvoyeurs des modes capillaires à Paris. C'est à eux que l'on doit les coiffures *à la Favart* (Comédie-Française), *à la Miolan-Carvalho* (théâtre Lyrique), *à la Pierson* (Gymnase), *à la Traviata* (Italiens), *à la Marie-Rose* (Opéra-Comique), etc., etc. Cette dernière coiffure, créée par M. Dondel, peut être considérée comme le type de toutes les coiffures adoptées par les élégantes jusqu'à ce jour. — S. B.

V. Croizat : *Les cent et un coiffeurs*, Paris, 1850.

COIFFURE. Arrangement des cheveux chez les hommes ou les femmes. Coiffure *à la Chinoise, à la Ninon, à la Titus*. Outre que la coiffure est aussi l'art ou l'action de coiffer, art modeste qui ne laisse pas d'exiger beaucoup de goût, surtout dans la toilette féminine, elle est encore intimement liée à la coiffure ou vêtement de tête. Il n'y a donc pas lieu de consacrer à cette dernière un article à part, et, quand besoin sera, nous nous contenterons de renvoyer au mot Costume.

— Remonter à l'origine de la coiffure, c'est remonter aux premiers âges de l'humanité. Les hommes de la période quaternaire portaient déjà leurs cheveux coupés ras, à l'exception d'une touffe qui était relevée sur le front. Les nombreux vestiges des temps préhistoriques montrent d'ailleurs qu'à ces périodes primitives, antérieures à l'histoire, nos ancêtres se servaient comme nous de peignes, d'épingles à cheveux et de rasoirs, dont la fabrication révèle un certain art rudimentaire non dépourvu d'originalité. La coiffure de ces époques lointaines devait varier selon les contrées et ressembler à celle des modernes sauvages. Chez ceux-ci, en effet, c'est principalement à la coiffure qu'on attache le plus de prix, et la chevelure des deux sexes y est l'objet d'un soin particulier.

Presque tous les habitants de l'ancienne Gaule portaient des cheveux longs. La plupart laissaient croître et flotter négligemment les leurs; quelques-uns les relevaient en touffe sur le sommet de la tête; d'autres enfin, comme le montrent deux Gaulois se combattant, ciselés sur un vase de Pompéi conservé au *Museo Borbonico*, les roulaient en bandeaux autour du front et les laissaient flotter moitié sur une épaule et moitié sur l'autre. Les Gaulois portaient aussi généralement la barbe. Les prêtres et le peuple la rognaient, mais ils s'en tenaient là, car les nobles seuls avaient le droit de se raser les joues. Ils avaient soin toutefois de faire une exception pour la lèvre supérieure, où ils entretenaient d'épaisses moustaches.

Plus tard, au IVe siècle, tous les Gaulois avaient le menton ras. L'empereur Julien, dans son *Misopogon ou l'ennemi de la barbe*, vantant la beauté de Paris, qu'il appelle sa « chère Lutèce, » dit : « là, tout le monde est

beau, grand, épilé, fraîchement rasé, les jeunes comme les vieux. »

Quant aux femmes gauloises, elles séparaient leurs cheveux en bandeaux sur le front, et les réunissaient par un peigne sur le derrière de la tête. Ainsi gracieusement coiffé, le visage de ces fraîches gauloises aux cheveux rouges ou rougis avait si peu déplu aux dames romaines, qu'il devint de mode parmi elles d'acheter à grands frais

Fig. 362 — *Coiffure d'homme, fin du Xe siècle.*

des cheveux gaulois pour s'en faire des coiffures artificielles.

La longue chevelure ayant perdu tout son prestige, depuis la déchéance des Mérovingiens, les princes, les seigneurs et les nobles se coiffèrent à leur guise. Ainsi Carloman, père de Charlemagne, représenté vers l'âge de quatorze ans sur une ancienne sculpture de Fulde, porte les cheveux longs, tombant en grosses tresses derrière le dos. Il en est de même du paladin Roland, représenté sur le portail de la cathédrale de Vérone, et dont les *Romanceros* et la *Chanson de Roncevaux* ont conservé

Fig. 363. — *Coiffure d'homme noble (1130 à 1140).*

la mémoire. On peut même ajouter que, dès lors, toute distinction capillaire avait complètement cessé entre les hommes libres et les esclaves; ces derniers, ainsi que le rapporte Baluze, n'étaient privés de leurs cheveux que par punition, quand ils avaient manqué de respect à leurs maîtres ou mis le feu à une forêt.

Les chevelures de cette époque étaient rondes et descendaient vers le milieu du cou. Sous Louis-le-Débonnaire et Charles-le-Chauve les cheveux perdirent le peu de longueur qui leur restait. Rasés d'abord par devant, ensuite sur les côtés, puis par derrière, selon l'ancienne mode franque, les Français du IXe siècle furent pour ainsi dire tondus; ils ne conservaient qu'une espèce de calotte de cheveux, occupant le haut du crâne. Cela explique pourquoi un poète adulateur composa et dédia à Charles-le-Chauve un poème latin en l'honneur de la *Calvitie*, dont tous les mots commençaient par un C. Mais les cheveux ne furent pas seuls à exciter la verve des poètes. Le *Roman de Roncevaux* et la *Jeunesse d'Ogier le Danois*, célèbrent dans leurs vers la barbe de Charlemagne.

Les femmes de l'époque carlovingienne avaient grand soin de leurs cheveux. Elles les portaient ordinairement longs, et rejetaient deux tresses nattées de chaque côté sur la poitrine, absolument comme du temps de Clovis.

A partir de la seconde moitié du Xe siècle, les cheveux des hommes étaient coupés à la hauteur des oreilles et tombaient régulièrement autour du crâne (fig. 362). Au milieu du siècle suivant, les hommes nobles, au contraire, portaient les cheveux longs coupés en pointe derrière la nuque (fig. 363), tandis que les femmes séparaient les leurs en deux grosses nattes descendant sur la poitrine.

La fin du XIIe siècle vit paraître une mode masculine quelque peu extravagante : les cheveux, coupés ras sur le

Fig. 364. — *Coiffure d'homme jeune (1160 à 1170)*

sommet, tombaient en longues boucles derrière la tête; la barbe était séparée en quatre mèches qui se croisaient les unes sur les autres comme des crochets (fig. 364).

Les nobles et les bourgeois de la seconde moitié du XIIIe siècle étaient d'une élégance plus raffinée. Ils tiraient à plat leurs cheveux vers le sommet de la tête, de manière à former un rouleau sur le haut du front, et de chaque côté les élargissaient en boucles évasées, terminées par un anneau de frisure qui faisait le tour du cou (fig. 365).

Sans nous attarder davantage aux modes variées du moyen âge, nous signalerons celle des toupets, très en faveur au XIVe siècle. Ces toupets n'étaient autre chose qu'une petite touffe de cheveux qui s'élevait au milieu du front et à laquelle on donnait à peu près la forme de ces langues de feu que les peintres placent sur la tête des Génies. Quelque temps après, le goût revint aux longues chevelures flottantes, à la manière de nos anciens rois; mais, comme l'explique Alexis Monteil, « les valets hommes libres portaient les cheveux longs comme leurs maîtres hommes libres. Il n'y avait que les serfs qui eussent les cheveux coupés. »

Charles V et Charles VI qui montèrent ensuite sur le trône, donnèrent un peu moins d'ampleur à leur cheve-

lure et se contentèrent de la laisser tomber carrément sur le cou. Par contre, ils ramenèrent en France l'usage de la barbe. Une miniature du manuscrit de l'*Histoire de Charles V*, reproduite par Gaignières dans son recueil, et représentant le sacre de ce roi à Reims, le 9 mai 1394, nous montre tous les assistants, sans exception des évêques, avec la barbe et les moustaches. Quant aux femmes,

Fig. 365. — *Coiffure des hommes nobles et bourgeois, vers 1240.*

elles se coiffaient déjà, au milieu du XIIIe siècle, d'un chaperon muni d'une mentonnière, en toile de lin blanche, empesée et plissée, lequel laissait voir les nattes de cheveux croisés derrière. Mais, à partir du siècle suivant, les cheveux formant chignon furent retenus dans un sac d'étoffe ou dans une résille ; puis le chignon se développa, et la mentonnière, plissée auparavant, se fit avec une

Fig. 366. — *Coiffure de femme, commencement du XIVe siècle.*

étoffe empesée et prit les contours de l'énorme chignon. Force fut au chaperon de s'évaser et de donner au sommet de la tête une largeur démesurée (fig. 366 et 367).

Grâce à l'instabilité de la mode, la coiffure en cheveux succéda bientôt à la coiffure en chaperon. La chevelure, séparée par le milieu, tomba tout droit le long des joues, puis les deux nattes croisées postérieures, descendant au-dessous des oreilles, furent relevées verticalement pour se perdre et s'attacher sous les bouffants ménagés des deux côtés du front; sur les côtés, le reste des cheveux tombait en boucles ondoyantes, dans un désordre aussi capricieux que singulier (fig. 368).

Ajoutons que les nattes ou torsades, quelquefois au nombre de trois et maintenues par des ganses ou des agrafes d'or, n'étaient pas toujours prises derrière les oreilles, mais au sommet de la tête, de manière à se marier plus agréablement avec les courbes du visage (fig. 369).

Mais ce genre de coiffure étant devenu commun, les dames nobles de la fin du XIVe siècle en imaginèrent une plus riche, aussi lourde que compliquée. Les cheveux, ondulés et disposés en petites mèches éparpillées sur le front, étaient encadrés par une coiffe surmontée d'un énorme bourrelet à torsades de perles, laquelle recouvrait une partie de la tête et se terminait en volute sur les joues ; deux autres bourrelets, recouverts d'une étoffe brochée d'or, partaient de l'extrémité inférieure de la coiffe pour se rejoindre derrière la tête, en laissant s'échapper sur les épaules deux élégants anneaux de frisures (fig. 370 et 371).

Enfin, l'an 1428, suivant Monstrelet, parut la mode extravagante des hennins. Dès lors, les larges atours d'Isa-

Fig. 367. — *Coiffure de femme (1315 à 1320).*

beau de Bavière, dit M. Quicherat, firent place aux atours en hauteur. « On n'est pas fixé sur leur forme exacte. Probablement nous en avons la représentation dans ces ridicules coiffures qui se composent d'un bourrelet en pain fendu, dressé sur le front et soutenu par une calotte élevée. D'autres atours, ajoutés en sens inverse, accomplissaient leur descente sur la nuque. » Un portrait de femme d'environ 1440, tableau du musée du Louvre (No 592), donne une idée de cette étrange coiffure.

Après 1440, les femmes délaissèrent les hennins pour adopter les hauts bonnets. Le temps de leur grande vogue dura jusqu'à 1470. Des pièces de linon empesé, maintenues par des fils d'archal, recouvraient une coiffe de la forme des bonnets persans, ou quelquefois élevée en pointe, comme celle qu'on retrouve aujourd'hui sur la tête des Cauchoises. Champollion-Figeac, dans les *Tournois du roi René*, a reproduit une miniature représentant des grandes dames à la mode de 1450, portant toutes de ces hauts bonnets, dont le premier inconvénient, disent les prédicateurs de l'époque, était de nuire à la dignité corporelle des maris, qui, « près de leurs femmes, n'étaient plus que de petits buissons perdus dans une forêt de cèdres. » Du reste, avant d'en venir là, les coiffes ou hauts bonnets avaient subi de grandes modifications ; au lieu de se terminer par une vive solution de continuité, par des arêtes bien tranchées ou par un fond plat, l'étoffe qui les recouvrait se repliait à l'extrémité et re-

tombait derrière en longs plis. La coiffure que nous reproduisons (fig. 372), appartient à une élégante bourgeoise de cette époque ; c'est un cornet revêtu d'une étoffe légère richement brodée qui se termine en un voile très ample descendant jusqu'aux yeux et tombant jusqu'au bas des reins. La coiffe des dames nobles était beaucoup plus élevée.

Revenons maintenant à la coiffure masculine. Jusqu'au commencement du xve siècle, on tint généralement les cheveux assez longs pour en former un rouleau de frisure autour de la tête ; mais, dès le règne de Charles VII, les cheveux des hommes recommencèrent à tomber tout droit sur le front et dans le cou. « Les hommes, dit Monstrelet, portoient leurs cheveulx si longs, qu'ils leur empeschoient le visage, mesmement les yeux. » Généralement on les coupait au-dessus des sourcils et on leur donnait quelques frisures sur les côtés. C'est la mode dite des *enfants d'Edouard,* qu'un tableau de Paul Delaroche remit en honneur pour un moment après 1830. Cette révolution s'étendit jusque sur les têtes sacerdotales.

Fig. 368. — *Coiffure d'une élégante (1330 environ).*

Par la suite, Charles VII adopta l'usage des cheveux courts. Il est très extraordinaire que cette mode se soit établie dans des temps renommés par la galanterie. Le fameux Dunois, La Hire, La Trémouille, et tous les preux d'alors, non moins recommandables par leurs exploits que par leurs amours, avaient peu de cheveux. Jeanne d'Arc, qui avait pris le parti de revêtir le costume d'homme, portait, par conséquent, les cheveux courts. Vêtue en guise d'homme, lit-on dans le *Journal d'un Bourgeois de Paris*, elle portait les « *cheveux rondiz.* »

Sous Louis XI, le bon ton consistait à avoir les cheveux ronds, égaux et plats. Le roi, d'après sa médaille, ajouta à cette coiffure les toupets rabattus sur le front, si usités pendant tout le xiiie siècle. Les extravagants qui se révoltèrent contre cette mode, en portant les cheveux longs, recevaient le nom de *cuidéraulx*, charmante expression dont le sens revient à « petits outrecuidants ».

Fig. 369. — *Coiffure d'une dame noble sous Charles V.*

Le voyage chevaleresque de Charles VIII et les expéditions de Louis XII en Italie contribuèrent, par la suite, à répandre chez les Français le goût du luxe, et bientôt, grâce à la magnificence des costumes, l'art de la coiffure vit reparaître les beaux jours de son ancienne splendeur.

A la fin du xve siècle, en effet, les hommes élégants se faisaient remarquer par leurs longues chevelures. Cette mode était surtout en faveur auprès des princes, comme le prouve un manuscrit inédit de la Bibliothèque nationale, dont une miniature représente l'intérieur d'un grand seigneur à cette époque.

Avec le xvie siècle, la coiffure fut de nouveau soumise à de brusques et successifs changements. Une peinture du temps, attribuée à Clouet et représentant François Ier avec des cheveux demi-longs cachant un peu l'oreille, montre que ce roi chevaleresque, et galant se conforma d'abord à la coutume établie par ses prédécesseurs, en la modifiant toutefois quelque peu. Mais, en 1521, ayant été blessé à la tête, ce prince fut obligé de se faire raser, et, dès lors, les longs cheveux cessèrent d'être estimés en France. Il n'en fut pas de même pour la barbe dont l'usage est prouvé par le bas-relief du tombeau de François Ier à Saint-Denis : le vainquéur de Marignan y est représenté avec barbe et moustaches, absolument comme dans le portrait de ce prince attribué à Clouet (Musée du Louvre) auquel la célèbre médaille de François Ier, gravée par Benvenuto Cellini, au cabinet des médailles de la grande Bibliothèque de Paris, peut servir de confirmation.

Montaigne, dans ses *Essais*, dit que de son vivant les hommes « portoient le poil long par devant et avoient le derrière de la teste tondu, » c'est-à-dire qu'ils avaient adopté le toupet relevé sur le front et se faisaient tondre les cheveux derrière la tête, mode sévère très suivie sous

les règnes sanglants de Charles IX et d'Henri III, et qui, choisie pendant les guerres de religion par le puissant parti des *malcontents* et des calvinistes, devint une coiffure politique d'un aspect plus austère encore. C'est alors que, pour faire diversion, l'efféminé Henri III et ses principaux mignons, Quelus, Saint-Mégrin, Maugiron, etc., supprimèrent entièrement la barbe et ramenèrent la mode des frisures. Les cheveux, relevés et frisés, donnèrent aux physionomies un caractère particulier, qui peut servir de *critérium* ponr reconnaître les types de cette époque, dont le plus célèbre est sans contredit celui des Guise.

Le règne trop court d'Henri IV ne fut pas si favorable à la toilette de la tête que celui d'Henri III. A peine monté sur le trône, le nouveau souverain dut obéir aux lois aussi impérieuses que peu stables de la mode, en portant une chevelure retroussée autour d'un gros tampon sur le sommet du crâne, et figurant la pomme ou la poire. Mais ce que la coiffure perdit en importance fut vite regagné par la barbe qui, quoique courte, s'épaissit et

Fig. 370. — *Coiffure de parade des dames nobles (1495 à 1500), face.*

adopta la forme pointue, tandis que les moustaches se relevaient fièrement, à la manière de celle de Henri IV.

Par suite de la mort inopinée de ce prince, Louis XIII parvint fort jeune à la couronne. En grandissant, il conserva ses cheveux et de légères moustaches, comme on le voit par le médaillon en argent gravé par Dupré, et représentant ce prince à l'âge de vingt-deux ans. Sous de pareils auspices, les barbes épaisses diminuèrent de volume, les moustaches s'amincirent, et les belles chevelures acquirent de la réputation. Ces dernières commencèrent à s'arrondir autour de la tête ; elles cachèrent ensuite les oreilles, et finirent par flotter sur les épaules. (V. Costume.) Telle était la coiffure de Cinq Mars et de Thou, lesquels, d'après les gravures du temps, portaient de longs cheveux bouclés, tombant comme des perruques en grands anneaux sur leur col de dentelle. A cette époque, quiconque désirait avoir une tête galamment arrangée, devait séparer ses cheveux sur le sommet de la tête, les coucher des deux côtés, et les faire descendre au-dessous des oreilles ; ou bien il fallait avoir du côté droit les cheveux coupés au ras du col, et sur le côté gauche une longue mèche appelée alors *moustache*, ou *cadenette* quand elle était enveloppée d'un nœud de ruban. Plus tard, la perruque ayant été approuvée et conseillée, lorsque Louis XIII se vit atteint d'une calvitie prématurée, en 1620, ceux qui avaient une belle chevelure ménageaient derrière la tête une petite queue flottante, que l'on ramenait par devant, tantôt sur l'épaule droite, tantôt sur l'épaule gauche ; c'est ce que l'on appelait la *coiffure à la comète*. Cette queue augmentant toujours en longueur, ses partisans se virent forcés de recourir aux cheveux artificiels. De là la mode des postiches, qui amena bientôt celle des *perruques*. — V. ce mot.

Au début du règne de Louis XIII, la coiffure féminine tomba dans l'excentricité, et les cheveux naturels cédèrent la place aux cheveux d'emprunt. Le collet monté que les dames portaient alors ayant une position plus verticale que jamais, maintenait la coiffure en hauteur ; de sorte que les faux cheveux couvrirent les têtes d'une manière exagérée. On les crêpa, on les chargea de frisures ; cependant la vraie chevelure, complètement enterrée là-dessous, n'était pas sans causer des regrets aux personnes

Fig. 371. — *Profil de la coiffure précédente.*

qui auraient pu tirer avantage de la leur. Cela produisit une révolution radicale. En effet, la grande nouveauté, après l'année 1620, fut un changement complet dans la manière de se coiffer. Les cheveux furent abattus, séparés en trois parties, dont deux, qu'on disait les *bouffons*, étaient massées en petites frisures sur les tempes et sur les oreilles, tandis que l'on rejetait la troisième sur le derrière de la tête pour y être roulée en torsade. Un rang pris à la racine était coupé court et couché à plat, sur le front. C'est ce qu'on appelait *garcettes*, d'un mot espagnol qui veut dire « petites aigrettes. » Quelques années après, les dames de Paris coupaient leurs cheveux par derrière à la hauteur du cou, et laissaient le reste à découvert. A cette coiffure, dite *à la garçon*, succéda la *coiffure en cornes*, mode baroque qui fut de courte durée.

Ce n'est guère qu'à l'époque de la Fronde que la coiffure féminine se releva et donna l'essor aux coiffures en cheveux. La médaille de M^me^ de Longueville offre, sous ce rapport, une coiffure d'un grand art. Les cheveux, frisés en boucles, flottent gracieusement autour de la tête, à la naissance du front, et retombent le long des joues et sur le cou ; le reste va rejoindre le chignon entouré d'une

natte roulée. Les élégantes contemporaines de Ninon de Lenclos et de Marion de l'Orme prenaient tant de plaisir à bien coiffer leurs cheveux, « à les poudrer, parfumer et fixer, à les crespillonner, les tordre, tresser et anneler, et à les contraindre en mille façons, » selon les expressions de Jean Dantan, dans son livre intitulé *Le Chauve ou le mépris des cheveux* (1621), que cette époque vit pour la première fois paraître les *coiffeuses pour dames*, ou du moins l'histoire commence seulement à en faire mention. — V. Coiffeur.

On a vu, sous le règne précédent, combien les cheveux longs et bouclés étaient en faveur parmi les gens qui n'avaient pas encore adopté l'usage de la perruque. Il en fut de même au commencement du siècle de Louis XIV. Ce grand roi, qui ménageait sur sa lèvre un mince filet de poils, appelé *moustaches à la royale*, ne se décida que fort tard à porter des cheveux d'emprunt. — V. Perruque.

Sous Louis XIV, la coiffure des femmes eut deux phases bien distinctes. Dans la première moitié du règne, on allongea les boucles et on les multiplia au moyen de tours de cheveux, frisés en serpenteaux, ainsi que le témoignent le tableau de Lebrun, représentant le *Mariage de Louis XIV et de Marie Thérèse* (1660), et *Louis XIV au milieu des dames de sa cour*, estampe de la collection Fontette.

Ensuite on éleva au-dessus du front cet édifice de dentelles et de cheveux, qui caractérise la solennité de la cour sous Mme de Maintenon. A ce moment du règne où l'austérité de la veuve Scarron donnait le ton à Versailles, la chevelure devint plus grave. Il serait superflu de décrire ici les coiffures des Mancini, des la Vallière, des Montespan, des Sévigné. On connaît surtout celle de cette dernière, et l'on n'en peut que louer l'élégance et la grâce. C'est celle que la célèbre marquise recommandait à Mme de Grignan d'adopter, « les cheveux noués au bas de la tête, de façon à ne rien cacher de la pureté de ses contours et de l'harmonie de ses proportions; sur le front des petits cheveux naissants qui donnent du piquant à la physionomie et sur les tempes des flots de vaporeuses boucles qui volent aux regards de la douceur. »

Vint ensuite la *coiffure à la Fontange*, jeune ingénue d'un blond ardent qui avait remplacé l'altière et brune Montespan dans le cœur si facilement hospitalier de Louis XIV. De son temps, on s'était mis à dresser en hauteur tous les cheveux sur le front, où ils formèrent un indicible entassement de boucles, de touffes, de tortillons. La belle favorite, s'étant avisée un jour de couronner cet échafaudage par une coque nouée d'un ruban amarante, le ruban d'abord, ensuite un bouquet de dentelle accommodé avec le ruban, enfin un bonnet garni d'une haute passe façonnée en rayons qui dardaient le ciel, s'appelèrent *fontange* (V. Costume). Pendant plus de dix années on se mit l'esprit à la torture pour augmenter ce bizarre édifice à plusieurs étages de fil d'archal, sur lesquels on plaçait différents morceaux de toile séparés par des rubans ornés de boucles de cheveux qui les recouvraient tout à fait. Cela fit dire à un poète du temps, en décrivant cette mode ridicule :

Une palissade de fer
Soutient la superbe structure
Des hauts rayons d'une coiffure.
Tel, en temps de calme, sur mer,
Un vaisseau porte sa mâture.

Alors il devint impossible aux dames de passer sans faire la révérence sous les plus hautes portes des appartements. En effet, selon Saint-Simon, les fontanges étaient devenues un bâtiment de deux pieds de haut. Le *pied de roi* ayant douze pouces, la fontange formait donc un édifice de vingt-quatre pouces (0m65). L'exagération était à son comble. Cela dura jusqu'en 1701, époque à laquelle une coiffure très basse avec laquelle une dame anglaise se présenta à la cour, fit disparaître en un clin d'œil jusqu'au dernier vestige des fontanges.

Fig. 372. — *Hennin des bourgeoises (1420 à 1430).*

Mais revenons à la coiffure des hommes. A partir du règne de Louis XV, quand la mode des perruques commença à se passer, au lieu de garder les cheveux courts on les laissa croître et on en fit trois parts : la *queue*, les *faces* et le *toupet*. Ce fut alors que les coiffeurs imaginèrent les *bourses*, espèces de petits sacs de taffetas noir, dans lesquels on enfermait les cheveux. Les cheveux de derrière ainsi renfermés, ceux des côtés furent taillés, les oreilles restèrent découvertes, et depuis ce temps on ne les cacha plus. Lorsque les queues parurent, la mode voulait qu'elles fussent très grosses, très longues, très pointues. Ceux qui avaient peu de cheveux étaient naturellement forcés de recourir à des cheveux étrangers qu'ils associaient aux leurs, ce qui ne s'apercevait pas grâce à la bourse, appelée *crapaud* sous Louis XVI, et dans laquelle vrais et faux cheveux se trouvaient renfermés. Quant aux *faces*, ou cheveux des côtés, elles s'enroulaient en boucles ornées de rubans, ou se frisaient et se crêpaient en *aile de pigeon*. Les *toupets*, qu'on avait alors portés alternativement relevés, rabattus, ronds, ouverts, pointus ou frisés, furent définitivement abandonnés pour les toupets dits en *vergette*. Mais peu à peu, les cheveux de cette partie de la tête reprirent de la longueur et s'enflèrent de manière à couvrir toute la tête. Sous cette forme triomphante, apparut le glorieux et vaste toupet à

la grecque, haut de quatre à cinq pouces, presque pointu, qui venait prêter son ombrage à la *bourse*. Tandis que les modes grecques élevaient les cheveux par devant, une autre manie les dissimulait par derrière; et les queues, les tresses, étant abandonnées dans la haute société, on prit le parti de former avec les cheveux du derrière de la tête un nœud très court mais très gros, qui prit le nom de *catogan*. Le catogan avait succédé à la *cadenette*, espèce de natte, fort en usage parmi les militaires et le peuple.

De même que la noblesse, le clergé adopta l'usage des cheveux bouclés et frisés. Aussi pendant toute la durée des règnes de Louis XV et de Louis XVI, les coiffeurs façonnèrent à leur aise la tête de leurs contemporains à l'*oiseau-royal*, à la *cabriolet*, à l'*aile de pigeon*, à *la légère*, à l'*aventure*, à la *petit maître*, à la *conquérant*, à la *plus-tôt-fait*, à la *jalousie*, à l'*inconstance*, à la *mousquetaire*, à la *dragone*, *etc.*

Il n'en était pas de même de la coiffure de l'armée au temps de Louis XVI, coiffure militaire et même dégoûtante, dont le comte de Vaublanc, servant alors dans l'infanterie, s'est plaint avec juste raison. « Les cheveux, écrit-il dans ses *Souvenirs*, étaient relevés des deux côtés au-dessous et tirés ainsi en l'air avec une telle force que la peau en était ridée. Ils formaient une grosse boucle attachée avec des épingles noires, plaquée contre la tête, couverte de suif et de mauvaise poudre blanche. L'officier n'avait d'autre différence dans sa coiffure que la pommade odorante au lieu de suif. » Et tout cela se portait avec un habit blanc.

Le premier qui osa s'affranchir d'une coiffure aussi gênante, fut le marquis de Conflans. Après avoir fait couper tous ses cheveux autour de la tête, il se présenta ainsi à la cour. A son apparition, Louis XVI surpris ne put s'empêcher de s'écrier qu'il n'y avait que M. de Conflans qui pût se montrer d'une façon si contraire aux usages.

Au début du règne de Louis XV, la coiffure des femmes fut on ne peut plus humble. Après les folies des contemporaines du grand siècle, il n'en pouvait être autrement, et les belles coquettes de la cour et de la ville rivalisèrent de modestie.

Dans la seconde moitié du XVIII^e^ siècle, les femmes adoptèrent une coiffure plus légère: elles prirent plaisir à se montrer avec la boucle à l'œil presque vaporeuse, les crochets délicats, le fer à cheval aérien, et poudrées de givre. Mais c'est surtout à partir de la fin du règne de Louis XV, jusqu'à la fin du règne de Louis XVI, que la coiffure mérite de fixer l'attention par son développement prodigieux. Le portrait de la duchesse de Boufflers, peint en 1770, en offre un irrécusable témoignage. Vers 1772, on vit naître les hautes coiffures d'apparat, celle, entre autres, appelée *loge d'opéra*, et qui faisait dire à la Dubarry, quand on commençait à la coiffer: « Voilà qu'on me charge la tête. » En effet, ces coiffures avaient parfois jusqu'à soixante-douze pouces (1^m^,95) de hauteur; elles se divisaient en deux parties, au centre desquelles s'étalait un large ruban; trois plumes se balançaient au côté gauche de cet échafaudage. En 1773, la comète signalée par les astronomes donna le jour aux coiffures *à la Comète*. L'année suivante vit naître la coiffure à la *qu'en dira-t-on* et le *pouf au sentiment*. Le *pouf* était ainsi nommé à raison de la confusion d'objets qui entraient dans sa composition, et on l'appelait *au sentiment* parce qu'on y faisait figurer tout ce que la dame affectionnait. Inutile de dire que la plupart des femmes raffolèrent des poufs; chaque élégante voulut avoir un pouf *à la reine*, *à la Junon*, et être une des premières à se faire coiffer en *parc anglais*, en *parterre galant*, en *moulin à vent*, ou en *chien couchant*.

Sans nous arrêter aux coiffures historiées et emblématiques *à l'inoculation*, qui prirent naissance lorsque Louis XVI, à peine devenu roi, se fit vacciner avec ses frères et la comtesse d'Artois, en juin 1774, nous passerons de suite à l'année 1776, époque où, pour les femmes, l'accommodage des cheveux devint, comme sous Louis XV, la grande affaire ou plutôt le vrai supplice. Elles devaient, comme l'avoue M^me^ de Genlis dans son *Dictionnaire des Etiquettes*, s'y livrer deux heures durant, au fer de l'académicien (les coiffeurs avaient créé des *Académies de Coiffure et de Modes*) et subir l'opération de deux mille papillotes sur leur tête. Grâce à ces coiffures pyramidales, lit-on dans les *Souvenirs* du comte de Vaublanc, elles devaient se mettre à genoux dans leurs

Fig. 373. — *Coiffure à la Belle-Poule.*

carrosses, ou si elles avaient la taille trop élevée, passer leur tête à travers la portière. Au bal, nouvelle contrainte; il fallait, à chaque instant, baisser la tête pour ne pas s'accrocher aux lustres. Marie Antoinette elle-même subissait toutes ces tortures. Rien ne put lui faire abandonner les coiffures démesurées dites *en corbeille* et *en calèche*, les *poufs à la puce*, les *casques à la dragone*, etc. « Quand elle passait (la reine) dans la galerie de Versailles, disent à ce sujet les *Mémoires* de l'abbé Soulavie, on n'y voyait plus qu'une forêt de plumes élevées d'un pied et demi au-dessus des têtes. Mais l'extravagance n'avait point dit son dernier mot. Lors-

que survinrent les affaires des frégates *la Junon* et *la Belle-Poule*, dans le combat naval du 1er juin 1778, les femmes poussèrent le ridicule jusqu'à couronner l'édifice de leur chevelure avec de petits navires (fig. 373). Le développement qu'on donnait à la coiffure au *parc anglais*, en 1781, n'est pas moins surprenant. Les cheveux, irrégulièrement disposés, formaient des collines sur lesquelles des moulins à vent tournaient; puis des bosquets et des taillis, que battaient des chasseurs, des plaines arrosées par des ruisseaux aux bords desquels les moutons paissaient sous l'œil des bergères. « On inventa, dit Mercier, un ressort qui élevait et abaissait ces machines. » Il ne fallut rien moins que la chute des cheveux de Marie-Antoinette à la suite d'une couche, pour mettre un terme à tant de folies. On fit tomber sous le ciseau ces belles tresses cendrées, dont la teinte était admirée sous le nom de *couleur cheveux de la reine*, pour la coiffer, dit Bachaumont (26 juin 1780) « à chignon plat terminé par une boucle en boudin dans le genre des perruques d'abbé. » Alors les dames de la cour se faisant, par esprit de flatterie, une mode d'une infirmité, sacrifièrent à l'envi leur chevelure ; les cheveux artificiels furent bannis, et la coiffure basse, dite *à l'enfant*, fut la seule de bon ton. A la coiffure à l'enfant succédèrent successivement les coiffures dites *aux plaisirs des dames*, *à l'urgence*, *à la paresseuse*, que firent ensuite oublier les coiffures *à la neige*, *à la candeur*, etc., dans lesquelles la poudre ou fleur de farine jouait un grand rôle. Enfin, de 1788 à 1790, parurent les cheveux frisés en coques surmontés d'élégants bonnets. Dès lors le fer des coiffeurs rivalisa de patience avec l'aiguille des modistes. — V. Costume.

A mesure que la Révolution progressa, les ajustements, de même que les coiffures, tendirent à se simplifier. L'abbé Sieyès, ainsi que tous les personnages de la Constituante, avaient adopté la chevelure courte, retroussée d'une tempe à l'autre, puis tombant et arrondie en bourrelet par derrière et sur les côtés, avec accompagnement de la queue ou *catogan* ornée d'une rosette. (V. Costume). C'est avec une coiffure semblable que le sculpteur Houdon représenta Mirabeau. Guérin, Boizot et Bonneville agirent de même dans leurs portraits respectifs de Barnave, de Bailly et de Danton. Le célèbre père Duchêne, lui-même, tout en colère qu'il fût, d'habitude, contre les traditions du passé, avait été forcé de payer son tribut de soumission à cette vieille mode royaliste. Mais il est juste d'ajouter qu'il ne fut pas des derniers à faire à la nation le sacrifice de sa coiffure. Vers la fin de l'année 1793, en effet, la chevelure des hommes fut taillée en *chien-canard*. Cette mode, à laquelle restèrent fidèles Collot-d'Herbois, Billaud-Varennes, Camille Desmoulins, consistait à relever les faces en boucles, tantôt crêpées, tantôt laissées longues, plates et tombant sur les épaules. Marat et Brissot s'étant fait ensuite accommoder les cheveux suivant leur pente naturelle, de manière à ne pas donner prise au fer despotique du coiffeur, une tête avec des *cheveux plats* devint une tête patriotique et comme telle fut généralement adoptée. Il n'y eut que quelques vieillards, partisans des *politiques* ou modérés, alors en antagonisme avec les Jacobins, qui conservèrent leurs perruques et se gardèrent bien de rompre avec leurs anciennes habitudes. Aussi exagéra-t-on leur façon de se coiffer, et comme leur tournure prêtait à rire, on fit leur charge dans un grand nombre de caricatures.

Tandis que les patriotes tenaient leurs cheveux courts, abdiquaient la poudre, et adoptaient les moustaches, la mouche et de larges favoris ressemblant à des nageoires, un seul excepté, Robespierre, ne changea jamais sa coiffure, qu'il soignait toujours avec beaucoup de recherche. Il fallait bien du courage au chef de la Montagne, pour oser se présenter dans les clubs avec cette perruque correcte, rangée, peignée et poudrée avec soin.

Après la Terreur, une réaction s'opéra en faveur du luxe et du goût. La *jeunesse dorée* mit alors à la mode une coiffure dite *à la victime*, c'est-à-dire une coupe de cheveux rsssemblant à la *toilette* des condamnés à mort ; ils avaient la barbe rase, les cheveux très courts par derrière, très longs et très abaissés sur les yeux par devant. Les plus élégants prenaient les noms de *muscadins*, de *merveilleux*, d'*incoïables* ou d'*inconcevables* et portaient, en plus des *cadenettes*, des oreilles de chien ou cheveux longs, flottants des deux côtés sur les épaules.

Avec le Directoire et Barras, les modes revinrent à l'antiquité. Comme au siècle de Périclès, on ne rencontrait plus que des têtes blondes, que des frisures bouclées enduites d'*huile antique*.

Le style romain ayant succédé au style grec, on vit paraître la coiffure *à la Brutus*, avant-courrière des coiffures *à la Titus* et *à la Caracalla*. Les hommes alors se coiffèrent tous de même et abandonnèrent les *oreilles de chien*.

A cette époque, les cheveux coupés en *vergette* et les *faces à l'avant-garde* furent substituées, dans l'armée, à la perruque grecque et romaine. C'était la puissance militaire qui commençait à poindre. Bientôt, selon l'expression de M. Charles Blanc, au milieu de cette société efféminée du Directoire, qui avait adopté de nouveau les cheveux longs et les nattes, en dépit de la *Titus*, « on vit paraître un Corse *aux cheveux plats*, un faux Brutus, dont la tête bilieuse et consulaire allait se couronner du diadème qu'avaient porté jadis les rois chevelus. »

Au temps le plus glorieux de l'empire, la mode pour les hommes n'avait pas changé. A l'exemple de Napoléon, Jourdan, Cambronne, Joubert, Masséna, Lannes et tous les autres généraux portaient les cheveux courts ainsi que les particuliers. Le portrait de Ducis, peint par Gérard, donne un exemple de la coiffure négligée alors en vogue et adoptée par Châteaubriand.

A partir de 1790, la coiffure féminine se modifia d'une façon radicale. Au mois de décembre de la même année, il se répandit des idées d'émancipation pour les dames auxquelles on avait dédié le *Lycée des femmes*, journal voué à leurs intérêts. Ce fut alors qu'elles inaugurèrent les coiffures *à la nation* et *aux charmes de la liberté*, créées par le coiffeur Depain. Ces coiffures nouvelles se maintinrent jusqu'au jour où la Terreur abattit l'édifice des cheveux avec les têtes. Des corsages ornés de la cocarde tricolore, des robes en toile de Jouy, de simples chignons ou les cheveux coupés ras, telle était la toilette des républicaines, dont le portrait de Charlotte Corday offre un curieux spécimen.

Après la journée du 13 vendémiaire (5 octobre 1795) les femmes, à l'exemple des hommes, adoptèrent la coiffure *à la Titus*. Mais, peu de temps après, la plupart d'entre elles trouvant cette mode peu avantageuse, prirent une perruque blonde aux cheveux flottants, qui fut un des principaux éléments du costume féminin du Directoire.

Lors de l'inauguration du fameux *Bal des victimes* (1795), la plupart des élégantes de toute classe se coupèrent les cheveux pour se coiffer *à la sacrifiée*, ou pour prendre des perruques blondes frisottées *à la Bérénice* ou nattées en *anneaux de Saturne*. C'était une manière d'honorer les victimes, dont les cheveux, recueillis par des mains pieuses ou intéressées, avaient servi à la confection des premières perruques.

Lorsque le Directoire fit place au Consulat (an VII, 1799), la *Titus* avait fait de tels ravages, qu'on ne voyait point dix femmes sur mille qui eussent conservé leurs cheveux ; elles avaient recours aux tours postiches *en tortillons*, et aux perruques à *raies de chair*. Cela dura jusqu'en 1803, époque où la coiffure grecque brilla de tout son éclat. Cependant, à en croire le sieur Palette, qui voulait faire renaître la *Titus*, cette coiffure, ainsi que celle dite *à la romaine*, manquait d'élégance et de goût.

Le premier empire ne paraît point avoir tenu compte de ces critiques. La coiffure à la grecque, qui va si bien au portrait de Joséphine, peint par Prud'hon, de même que

les coiffures romaines aux boucles ondoyantes rehaussées de diadèmes, qui ont tant de charme dans les portraits de Caroline Murat, Pauline Bonaparte et Marie-Louise, avaient conservé une vogue extraordinaire.

Sous la Restauration, les émigrés eurent beau reparaître avec la perruque à queue, les ailes de pigeon et la poudre, les cheveux courts restèrent maîtres du terrain et devinrent définitivement la coiffure française. Cette époque inaugura le règne des moustaches en même temps que celui des frisures. D'après une brochure intitulée : *De la nécessité de la coiffure pour les hommes distingués, etc.*, opuscule publié en 1826, les boucles qui ornaient le front étaient : l'*anneau victorieux*, le *crochet séducteur* et la *feuille d'acanthe*. Celles qui ornaient les tempes : la *masse d'accompagnement*, la *boucle sentimentale*, et la *boucle d'enlèvement*. Celles qui ornaient le sommet : le *pont d'amour*, la *boucle du désir*, et la *boucle fortunée*.

Les premières années du règne de Louis Philippe se signalèrent par l'apparition, sur la tête des hommes, d'un toupet élevé en pyramide sur le front, qui faisait assez l'effet d'une poire. Cette mode n'avait rien de gracieux ; mais les gens en place se fussent bien gardés de ne pas la suivre, et ils portèrent le toupet jusqu'en 1848. C'était le temps heureux où, d'après le *Charivari* du 14 décembre 1833, M. de Salvandy passait pour l'homme le mieux frisé de France : « M. de Salvandy a demandé s'il ne lui serait pas permis de venir à la Chambre en papillotes. — Damoclès tremblait en voyant un fer sur sa tête ; M. de Salvandy dit que cela lui serait bien égal pourvu que ce fût un fer à friser. » Les libres penseurs abandonnèrent bientôt les frisures pour adopter avec enthousiasme une mode créée par la secte des saints Simoniens, qui portaient les cheveux longs avec une raie qui les partageait sur un des côtés de la tête. Ce fut la marque extérieure des romantiques et des *Jeune France*, dont Théophile Gautier, d'après le portrait de Gavarni, est longtemps resté le type. Dès lors le toupet s'affaissa et finit par s'effacer entièrement.

En avril 1837, lors des fameuses représentations du ténor Duprez dans l'opéra de *Guillaume Tell*, les fashionnables, qu'on désignait sous le nom de *lions*, mirent en vogue les cheveux longs roulés en dessous, c'est-à-dire à l'*Abeilard*. Mais cette mode tomba d'elle-même. Les cheveux finirent par se raccourcir peu à peu ; ils ne dépassèrent pas la naissance du cou et continuèrent de se porter avec une raie, soit à droite, soit à gauche, ou bien au milieu, comme dans la coiffure actuelle, dite *à la Capoul*.

On a vu quelle était la coiffure des femmes à la fin du premier empire ; sous la Restauration, elle changea complètement de caractère et s'éleva en coques larges et arrondies, qui ne pouvaient être maintenues que par de larges peignes à haute galerie.

Plus tard, sous le règne de Louis-Philippe, la coiffure changea de forme. Les bandeaux reprirent faveur, et, vers 1840, les longues boucles de cheveux tombant très bas sur les joues, pareilles à celles dont se coiffent volontiers les dames britanniques, devinrent à la mode sous le nom *d'anglaises*.

Avec la seconde république, le *bandeau bouffant* et *au casque* céda la place au *bandeau plat* surmonté d'une natte sur le front, formant diadème derrière un nœud de coque. Les cheveux du devant étaient ondulés au cordon, coiffure qui, quoique simple, était du meilleur goût.

A partir de cette époque, on vit paraître plusieurs coiffures adoptées successivement par la mode et qui paraissent avoir servi de type à la coiffure féminine actuelle (Fig. 374).

Nous ne pouvons mieux terminer cette étude de la coiffure à toutes les époques que par l'extrait suivant de l'*Art dans la parure et dans le vêtement*, de M. Charles Blanc :

« Les femmes jeunes ont toujours bonne grâce à relever leurs cheveux, à se dégager le visage. L'oreille, suivant que la nature l'aura plus ou moins délicatement travaillée, peut rester entièrement découverte ou voilée à demi ; le front, s'il est grand — s'il a plus de longueur que le nez — on fera bien de le couvrir un peu et de ne commencer le dégagement de la figure que vers les tempes. Les longues boucles, les *anglaises* que laissaient flotter sur leurs joues les modèles de Lawrence, avaient une expression de rêverie sentimentale qui peut aller à certaines ladies romanesques, mais en général, la nudité des joues et les cheveux retroussés ont plus de grâce, plus de naturel, que ces boucles et frisures tombantes que la tendresse du baiser le plus chaste écarterait. Pourquoi montrer de belles boucles sur la joue quand on peut si bien les montrer, et si élégamment, sur la nuque ou sur la naissance de l'épaule ? Cacher une partie du visage,

Fig. 374. — *Coiffure de 1882-83.*

n'est-ce pas y faire soupçonner quelque défaut ou en donner à croire plus qu'il n'y en a ? Les femmes qui dissimulent sous des tires-bouchons des carnations un peu fanées ou les dépressions qu'a laissées sur leurs joues le doigt de la vie, se vieillissent par cette précaution même. La sincérité vaudrait mieux. Quant aux jeunes filles, elles sont toujours charmantes, quand elles mettent en lumière tout leur visage... C'est un si habile coiffeur que la jeunesse ! » — S. B.

COIFFURE CIVILE ET MILITAIRE. De tout temps on a senti le besoin de se couvrir la tête pour la mettre à l'abri des intempéries des saisons, mais la nature du climat, les caprices de la mode et les progrès des arts ont exercé la plus grande influence sur la nature, la forme et la matière du vêtement employé à cet effet.

— En France, le même vêtement de tête servit longtemps aux civils et aux militaires. Depuis les *bonnets* et les *mortiers* du moyen âge, auxquels succédèrent, au XIVe siècle, les *chapeaux de feutre*, les *chaperons* mis en casquettes, et, aux siècles suivants, les *chapeaux de castor*, les *toques* avec ou sans plumes, les *chapeaux ronds* et les *chapeaux à larges bords*, avant-coureurs du

tricorne et du *chapeau à claque;* enfin, depuis les *heaumes* ou casques en fer et les *bassinets* avec ou sans visière jusqu'aux *salades* et aux *morions*, la coiffure, en général, a toujours eu pour caractère distinctif de remplir des conditions essentielles d'hygiène et de défense.

De nos jours cette partie du costume masculin laisse toujours à désirer et paraît même choisie au rebours du bon sens. Nous n'avons pas à faire remarquer combien le chapeau d'homme est disgracieux et incommode, tout le monde le reconnait, mais personne n'oserait se soustraire à cette mode inventée sans doute par un ennemi du genre humain. Le schako des militaires offre également la même absurdité de forme, sa légèreté a bien fait disparaître les inconvénients de l'ancien schako, mais il ne garantit pas le soldat des coups de sabre. Le maréchal de Saxe disait qu'il voudrait voir aux militaires des casques à la romaine « ils ne pèsent pas plus, ne sont point du tout incommodes, garantissent des coups de sabre et font un très bel ornement. » Ce sont les Prussiens qui ont adopté son conseil. Nous n'étudierons pas ici dans leur ensemble les multiples métamorphoses de la coiffure civile et militaire à toutes les époques, nous renvoyons le lecteur au mot Costume, où le sujet qui nous occupe recevra plus d'extension et où des exemples seront figurés.

Bibliographie : Adrianus Julius : *De Coma*, Bâle, 1556 ; Saumaise : *Epistola ad A Colvium de capillo virorum et mulierum coma, etc., de Coma*, Parisis, 1645 ; Le Gros : *L'art de la coëffure des dames,* avec 33 pl., Paris, 1768 ; Dom Fangé : *Mémoires pour servir à la barbe de l'homme*, Liège, 1774 ; Dulaure : *Pogonologie* ou *Histoire philosophique de la barbe*, Paris, 1786 ; Molé : *Histoire des modes françaises* ou *Révolution du costume en France depuis l'établissement de la monarchie,* Amsterdam, 1773 ; Abbé de Vasset : *Traité contre le luxe des coëffures*, Paris, 1774 ; Lefèvre : *Traité des principes de l'art de la coëffure des femmes*, 2e édition, augmenté d'un *Projet d'une école générale de coiffure, dédiée au beau sexe,* Paris, 1783 ; Tissot : *Traité de la nature des cheveux et de l'art de coëffer*, Paris 1776 ; D'Avallon : *Linguetiana,* suivi de l'*Eloge de l'art du coëffeur de femmes,* Paris, 1801 ; E. Miller : *Eloge de la chevelure,* discours inédit d'un auteur grec anonyme, en réfutation du discours de Synésius, intitulé *Eloge de la calvitie,* Paris. 1810 ; J.-N. Palette : *Eloge de la coiffure à la Titus pour les dames*,,Paris, 1810 ; Rothe de Nugent : *L'anti-Titus,* ou *Remarques critiques sur la coiffure des femmes au XIXe siècle*, Paris, 1813 ; *Histoire des Révolutions de la barbe des Français*, depuis l'origine de la monarchie, par Motteley, Paris, 1826 ; Normandin frères : *Manuel du coiffeur*, Paris 1827 ; *Histoire des moustaches et de la barbe,* considérées comme signe de courage, de force et d'autorité, par A. J. S., Paris, 1830 ; P. Lacroix, A. Duchesne et F. Seré : *Histoire de la coiffure*, etc., (Livre d'or des métiers), Paris, 1858 ; Emile de la Bédollière : *Histoire de la mode en France*, Bruxelles, 1858 ; A. Canel : *Histoire de la barbe et des cheveux en Normandie,* Rouen, 1859 ; P. Lacroix : *Mœurs, usages et costumes au moyen âge et à l'époque de la Renaissance*, Paris, 1872 ; *XVIIe siècle, Institutions, usages et costumes,* Paris, 1880 ; *XVIIIe siècle, Institutions, usages et costumes*, Paris, 1875 ; Quicherat : *Histoire du costume en France*, Paris, 1875 ; J. Demay : *Le costume au moyen âge d'après les sceaux*, Paris, 1880.

* **COIGNAGE.** *T. techn.* Partie de la maçonnerie d'un fourneau de grosse forge.

* **COIGNARD** (Jean-Baptiste), célèbre imprimeur du XVIIIe siècle. Il fut imprimeur de l'Académie française.

I. **COIN.** Prisme triangulaire de matière résistante, destiné à séparer les parties d'un corps ou à exercer de grandes pressions. L'arête d'introduction se nomme le *tranchant ;* les faces convergentes sont les côtés ; la *tête* du coin est la face sur laquelle on exerce l'effort. La forme prismatique n'est pas toujours celle donnée au coin. Presque tous les outils, employés dans les arts, se rapportent au coin ; les ciseaux divers, les becs d'âne, les haches, les poinçons, etc. ; les scies sont un assemblage de coins dont la face intérieure est légèrement inclinée vers le tranchant, chacune des dents s'incline alternativement à droite ou à gauche, dans le sens de l'épaisseur de la lame, pour frayer la *voie,* pour laisser le *chemin* libre à la scie. L'épissoir du gabier et le burin du maître d'équipage sont des coins ; lorsqu'on veut exercer une pression sur trois ou quatre faces à la fois, on emploie des pyramides triangulaires ou quadrangulaires, etc.

Pour chaque outil, on doit choisir l'angle le plus convenable, suivant le plus ou moins de dureté de la matière à travailler ; si cette matière est très dure, l'angle du biseau sera de 90°, comme dans le cas du poinçonnage des tôles à froid ; cet angle approche de 90° dans les grandes cisailles. L'angle de la *varlope* n'est incliné qu'à 30°, parce que cet outil enlève le bois dans le sens de la longueur des fibres ; celui de la *bisaiguë,* avec laquelle on attaque le bois dans le sens perpendiculaire aux fibres est plus obtus. Lorsque la matière est molle ou qu'elle n'est pas susceptible d'offrir de la résistance, l'angle des outils devient très aigu, exemples : les couteaux, les rasoirs, etc.

On utilise parfois la propriété que possède le bois de se gonfler sous l'action de l'humidité pour soulever légèrement des poids considérables. Des coins en bois séchés au feu sont employés dans ce but ; lorsqu'ils sont chassés à leur poste, on les arrose abondamment. Dans les machines, on étanche souvent les fuites des joints, en logeant entre les lèvres de petits coins en bois sec qui, sous l'action de la vapeur condensée, ou de l'eau suivant le cas, se gonflent et remplissent ainsi hermétiquement l'intervalle où se produisait la fuite.

II. * **COIN.** Nous donnons ici la *théorie du coin* dont il est question à l'article Charrue. Un coin peut toujours être décomposé en deux plans inclinés séparés par le plan que décrit l'arête tranchante. Les relations entre la force motrice T, la résistance utile P et la réaction R du plan ou de la face du coin contre le mobile, pendant la translation du coin sont déterminées par les considérations suivantes :

Lorsque le plan AB se transporte en A'B' (fig. 375), le point A parcourt la droite AA' et, dans le même temps, le corps M s'est élevé en B' suivant une normale à AD. Le mouvement relatif de M, par rapport à A, est celui qu'aurait le point M pour un observateur emporté avec le point A, point qui, pour l'observateur, serait immobile. Pour mettre le point A dans cet état d'immobilité, il suffit d'y appliquer une vitesse égale et de sens contraire à sa vitesse absolue, et, pour ne rien changer au mouvement relatif des points A et B,

il faut appliquer à ce dernier la même vitesse MN (fig. 375). Cela revient à supposer que le système matériel des points A et M est *entraîné* dans le mouvement de translation suivant MN. Les points A et M sont alors, pour nous, dans l'état de mouvement où les verrait l'observateur entraîné par le point A. Pour lui, comme pour nous, ce point serait immobile avec ses deux vitesses opposées AA' et AN, tandis que le point M serait animé de deux

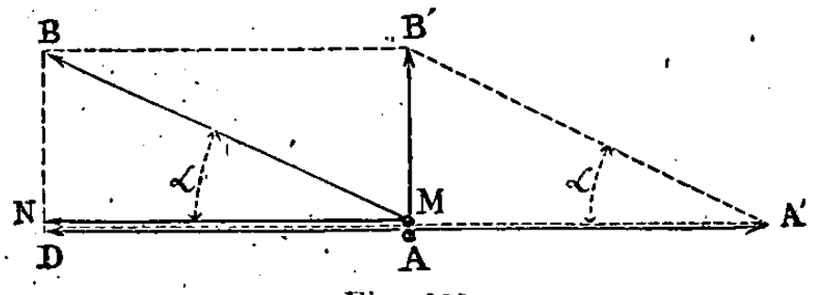


Fig. 375.

vitesses simultanées MN et MB' dont la résultante serait la diagonale du parallélogramme rectangle, construit avec ces deux vitesses pour côtés directeurs. Cette résultante MB, de la vitesse absolue du point M et de la vitesse d'entraînement, est celle du mouvement relatif du point M par rapport au point A du coin.

Nous voyons ainsi que l'opération qui consiste à pousser le plan incliné AB, sous le mobile M (maintenu verticalement), est exactement la même que celle en vertu de laquelle le point M serait élevé jusqu'au sommet du plan par une force horizontale, le plan restant immobile. Nous ramenons donc ainsi la théorie du mouvement d'une face du coin à celle de l'élévation d'un corps pesant sur un plan incliné, sous l'action d'une force horizontale. On sait que les conditions d'équilibre sont alors :

$$\frac{T}{P}=\frac{\sin(\alpha+\gamma)}{\cos(\alpha+\gamma)}=\operatorname{tang}(\alpha+\gamma) \quad (1).$$

formule dans laquelle α représente l'angle d'inclinaison du plan, γ l'angle de frottement, T la force motrice et P la résistance utile.

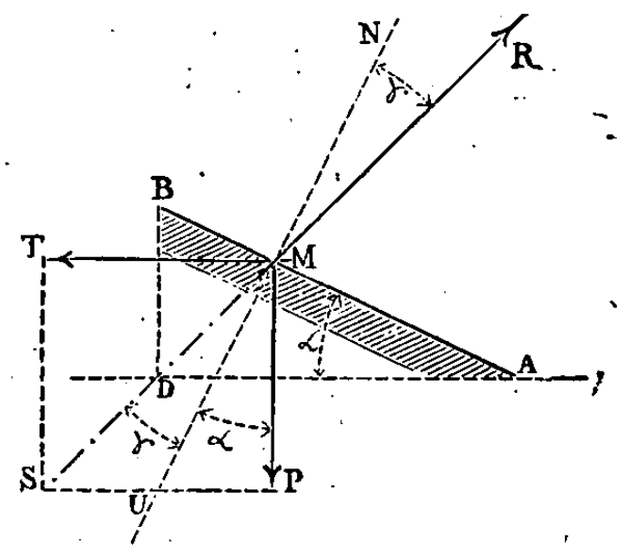


Fig. 376.

Cette égalité peut être représentée graphiquement par la figure 376, dans laquelle MP est la pression à une échelle convenue et où l'on ne connaît que la direction de la traction T et celle de R qui fait, avec la normale au plan, un angle γ égal à l'angle de frottement. L'examen du triangle rectangle MPS, obtenu en menant les parallèles aux directions des forces, donne l'égalité suivante, pour les conditions d'équilibre, MS étant la résultante des forces T et P :

$$\frac{PS \text{ ou } T}{MP \text{ ou } P}=\operatorname{tang}(\alpha+\gamma)$$

Pour la seconde face du coin, on aurait :

$$\frac{T'}{P'}=\operatorname{tang}(\alpha'+\gamma).$$

Si l'on considère un coin pénétrant dans un corps sous l'action d'une force motrice F (fig. 376) cette force doit être égale et directement opposée à la résultante de T et de T' tractions du mouvement relatif ; ces forces étant parallèles entre elles, leur résultante doit passer par un point U tel que l'on ait : $MU \times T = M'U \times T'$ et comme

$$MU+M'U=d,$$

on a, en remplaçant T et T' par leurs valeurs déterminées ci-dessus :

$$MU=d\times\frac{\operatorname{tang}(\alpha'+\gamma)}{\operatorname{tang}(\alpha+\gamma)+\operatorname{tang}(\alpha'+\gamma)}$$

$$\text{et } M'U=d+\frac{\operatorname{tang}(\alpha+\gamma)}{\operatorname{tang}(\alpha+\gamma)+\operatorname{tang}(\alpha'+\gamma)}$$

Suivant que la force F agira exactement dans la direction même de la résultante de T et T', ou s'écartera de cette direction, l'équilibre sera conservé ou rompu. Si, par exemple, la direction de F passe entre U et M, le coin tendra à tourner autour de son arête de gauche à droite.

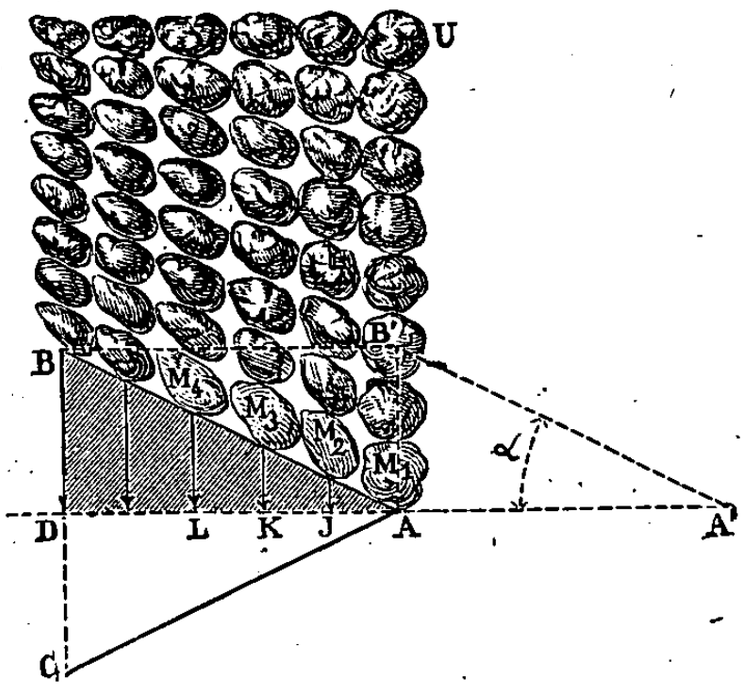


Fig. 377.

Quel que soit le corps dans lequel un coin pénètre, la *résistance* de ce corps se traduit par une réaction normale au mouvement que nous avons désigné par P et dont l'intensité dépend de la nature du corps et de l'épaisseur du dos du coin.

Les résistances éprouvées par des files de molécules de terre comprimées jusqu'à un maximum BD (fig. 377) sont proportionnelles aux pressions exercées aux différents points, dans une limite de quelques centimètres seulement. Admettons que les réactions A, J, L et K, sur la face du coin, soient proportionnelles aux raccourcissements des files de molécules ou aux perpendiculaires A, J, K, L.

La réaction pour la file de molécule K, par exemple, sera proportionnelle à la hauteur KM^3 et à l'aire de la section transversale de cette colonne moléculaire, c'est-à-dire que si nous représentons par c la force nécessaire pour comprimer d'un millimètre une colonne terreuse d'un millimètre carré de section, par s la section quelconque d'une colonne terreuse et par h la hauteur de compression, on aura: $p=c.s.h.$ Si toutes les colonnes terreuses ont la même section, on pourra évidemment représenter les réactions par les droites J, K et L ou plutôt par de petits rectangles infiniment étroits, ayant un millimètre de base et ces droites pour hauteurs. La somme de ces réactions parallèles, en nombre infini, sera représentée par l'aire du triangle BAD. Le point d'application de leur résultante se trouvera au 1/3 de BA, à partir de B. Pour une largeur d'arête A égale à un millimètre seulement (normalement au plan BAD) la résultante des réactions aurait pour expression

$$P=c\times\frac{AD\times BD}{2},$$

ou, en représentant par l la longueur du coin et par e la demi-épaisseur BD:

$$P=c\frac{l\times e}{2}.$$

Si nous remplaçons, dans l'équation (1), P par cette valeur, dans le cas où l'une des faces du coin subit cette pression pendant son mouvement dans un corps mou ou terreux, nous obtiendrons:

$$T=\frac{c\,l\,e}{2}\text{tang}(\alpha+\gamma)$$

mais la longueur du coin peut être exprimée en fonction de α et de e, puisque l'on a $l=e\,\text{cotang}.\alpha$; la valeur de la traction nécessaire à la translation d'une face du coin aura donc pour expression :

$$T=0,5\,e^2\,\text{cotang}\,\alpha\,\text{tang}(\alpha+\gamma) \qquad (2).$$

En discutant cette équation, on reconnaît qu'elle donne lieu à deux maxima et à un minimum ; ce dernier correspond à un angle d'inclinaison $\alpha=\frac{1}{2}(90^\circ-\gamma)$. Pour une terre sèche de consistance moyenne, l'angle γ est égal à 26°34′; le frottement est alors égal à la moitié de la pression, l'angle α correspondant au minimum de traction dans les mêmes conditions, est alors de 31°43′. Cette équation nous montre aussi que pour une inclinaison donnée de la face du coin, la traction varie comme le carré de la demi-épaisseur du coin.

Coins composés. Lorsqu'au lieu d'un coin élémentaire, d'un simple triangle matériel, on a un prisme triangulaire dont l'arête mesure une certaine hauteur, la traction minimum, calculée par l'équation (2), doit être multipliée par le nombre de millimètres de l'arête. Mais si le coin est, comme le *coutre*, encastré par l'une de ses extrémités, on lui donne alors la forme d'un solide d'égale résistance, telle qu'à partir de la pointe, l'épaisseur au dos et la largeur vont en augmentant, afin que chaque section résiste également à la flexion; on a ainsi une suite de coins de largeur et d'épaisseur de plus en plus grandes.

Pour déterminer la traction nécessaire pour chaque élément d'un coutre quelconque, il suffit de connaître les trois quantités suivantes: 1° la résistance p ou c à la compression du sol, par millimètre cube, ce que nous avons appelé la *compression spécifique*; 2° le coefficient de glissement de la terre sur la face du coutre; ce coefficient est à très peu près 0,5 pour les terres franches moyennement consistantes et représente la tangente de l'angle de frottement 26° 34′; 3° l'angle α, moitié de l'angle du coin. Cet angle varie habituellement d'une manière assez peu régulière, il va en augmentant à mesure qu'on s'approche de la pointe du coutre. La pression P sur une face du coutre est égale à la compression spécifique p, obtenue par expérience, multipliée par la projection, sur le plan de symétrie du coin, de la face de celui-ci, exprimée en millimètres carrés.

D'après nos expériences, cette compression spécifique est à peu près constante, tant que la *dépression* du sol ne dépasse pas une certaine limite de quelques centimètres seulement. Nous avons déterminé pour p les valeurs suivantes pour une dépression de 1 centimètre:

0ᵏ,07 dans une terre labourée, puis hersée et raffermie depuis quelques jours;

0ᵏ,16 pour le sol d'une prairie après enlèvement du gazon;

0ᵏ,58 dans un champ après la récolte des betteraves;

0ᵏ,87 pour le sous-sol de la prairie ci-dessus;

0ᵏ,94 pour le sous-sol du champ précédent;

2ᵏ,16 à 3ᵏ,30 dans des sols assez durs ou n'ayant pas été labourés depuis quelque temps.

Si l'on pose comme conditions que la demi-épaisseur sera toujours le treizième de la largeur et que celle-ci décroîtra à partir de 65 millimètres, comme dans les pièces d'égale résistance, on aura pour expression de la traction sur une face du coin:

$$T=\frac{L^2}{13H^4}\text{tang}(\alpha+\gamma)p\int_0^H h^4\,dh$$

$$\text{ou } T=\frac{L^2}{13H^4}\text{tang}(\alpha+\gamma)p\times\frac{1}{5}H^5$$

$$\text{ou } T=\frac{L^2H\,\text{tang}(\alpha+\gamma)p}{65}=5850p$$

pour une face.

p et γ étant connus; l, largeur variable; c, demi-épaisseur variable aussi; dh, hauteur d'un coin élémentaire; H, hauteur totale 150 millimètres, correspondant à la largeur maximum L, 65 millimètres; $\gamma=26^\circ\,33'\,58''$; $\alpha=4^\circ\,23'\,55''$.

En résumé, les tractions nécessaires au coutre dans des sols pour lesquels p est égal à 0ᵏ,27, 0ᵏ,54 et 2ᵏ,7 sont pour ces trois sols 3ᵏ,159, 6ᵏ,318 et 31ᵏ,59.

Si la demi-épaisseur, au lieu d'être le treizième, est le dixième, toutes choses égales d'ailleurs, on aurait:

$$T=\frac{L^2H\,\text{tang}(32^\circ\,16'\,30'')p}{50}=8055,6\,p$$

et pour les deux faces 16111 p; dans les trois

sols ci-dessus, les tractions sont respectivement 4ᵏ,35, 8ᵏ,70 et 43ᵏ,5.

Ces chiffres sont au-dessous de la vérité, attendu qu'en réalité le tranchant du coutre ne peut être une droite, par suite sa largeur augmente notablement la traction ; en outre, les faces du coutre entraînent avec elles une certaine quantité de molécules terreuses, ce qui accroît encore la traction. Pour l'addition de traction nécessaire pour une seule face active, lorsque les deux faces ne marchent pas symétriquement, dans le sol le plus résistant, avec le dernier coutre idéal ci-dessus, on trouve 22,875 0/0. Il faudrait, de plus, augmenter cette traction des 0,64 de T pour tenir compte du frottement de la face guide dans ce cas. Il est vrai que le conducteur doit appuyer sur les mancherons, de droite à gauche, pour empêcher le coutre de mordre indéfiniment, mais alors le frottement contre le sep, qui résulte de cette pression du laboureur, remplace le frottement de la face guide. — V. Charrue.

Reprenons la formule (1) $T=P(\text{tang.}\alpha+\gamma)$ qui donne la valeur de la traction pour une face du coin ; il est visible que, si le frottement est considéré comme la seule quantité variable, la traction croît avec le coefficient de frottement ; il y a donc intérêt à choisir une matière donnant très peu de frottement pour en faire des coins. Cette observation a reçu son application dans la *presse à coins*. Pour un coin de fer, dont l'angle α est de 10°, par exemple, le rapport de la pression au poids, lorsqu'il s'agit de pénétration dans du chêne, est de 0,894, 0,401, 0,315, 0,281 ou 0,249, suivant que les surfaces sont sans enduit, frottées de savon sec, onctueuses, suiffées ou huilées.

La même équation nous montre que la force la plus grande ne pourrait faire pénétrer un coin, lorsque l'angle α est égal au complément de l'angle de frottement.

Le travail utile fait par une face du coin est le produit de l'effort utile P vaincu par le chemin parcouru ; le travail moteur est le produit de la traction T par le chemin qu'elle parcourt pendant le même temps. Soit l la longueur du coin et e sa demi-épaisseur ; quand le coin a été enfoncé de toute sa longueur, P a parcouru un chemin égal à cette demi-épaisseur et la traction à pour mesure la longueur du coin. Le *rendement* ou l'effet utile est représenté par

$$\frac{P\times e}{T\times l}=\frac{Pe}{Te\operatorname{cotang}\alpha}=\frac{P}{P\operatorname{cotang}\alpha\operatorname{tang}(\alpha+\gamma)}=\frac{1}{\operatorname{cotang}\alpha\operatorname{tang}(\alpha+\gamma)}.$$

Or, il est visible que le dénominateur a un minimum lorsque $\operatorname{cotang}\alpha=\operatorname{tang}(\alpha+\gamma)$ ou lorsque α est égal à la moitié du complément de l'angle de frottement.

L'effet utile d'une face de coin va donc en croissant, depuis α nul jusqu'à $\alpha=\frac{1}{2}(90°-\gamma)$, puis il décroît de nouveau jusqu'à $\alpha=90°-\gamma$. L'effet utile maximum est égal à

$$\frac{1}{\operatorname{cotang}^2\left(\frac{90°-\gamma}{2}\right)} \text{ ou } \frac{1}{\operatorname{tang}^2\left(\frac{90°+\gamma}{2}\right)}.$$

Pour $\alpha=0°$, il est nul, ainsi que pour $\alpha=90°-\gamma$.

Soit par exemple $\gamma=26°34'$; l'effet utile maximum est

$$\frac{1}{\operatorname{cotang}^2 31°43'} \text{ ou } \frac{1}{\operatorname{tang}^2 58°17'} \text{ ou } 0{,}38194.$$

L'effet utile ne peut être égal à l'unité que pour un frottement nul, ce qui pratiquement est impossible.

Lorsque l'on suppose le frottement assez petit pour être négligeable, la valeur de la traction est donnée par l'égalité $T=P\operatorname{tang}\alpha$; mais on a évidemment $\frac{e}{l}=\operatorname{tang}\alpha$, d'où $T=P\times\frac{e}{l}$ ou $Tl=Pe$.

Mais chacun sait que cette hypothèse qui conduit à un rendement de 100 0/0 est irréalisable, attendu qu'on ne peut jamais faire complètement abstraction du frottement et surtout pour un coin.

Desserrage du coin. Il est facile de voir, en raisonnant comme au commencement de cet article, que tout se passe dans le desserrage de la même façon que si l'on avait à faire descendre un point M pesant, le coin restant immobile, à l'aide d'une force horizontale T. Ce desserrage ne peut être opéré qu'en appliquant une force parallèle à l'axe et dirigée de l'arête vers le dos, lorsque l'angle α est plus petit que γ. Tandis que si l'angle α est plus grand que γ, il faut une force égale à $P(\text{tang.}\alpha-\gamma)$ pour l'empêcher de se desserrer avec accroissement de vitesse. Lorsque α est égal à γ, la force T est nulle pour empêcher le desserrage ou pour le provoquer. Aussi les *clavettes*, qui ne doivent, dans aucun cas, se desserrer spontanément, doivent-elles toujours avoir leur demi-angle moindre que l'angle de frottement ; ce dernier angle est pour le fer sur la fonte, sans enduit, 10° 45′ 30″, l'épaisseur de la clavette doit donc au plus être égale au dixième de sa longueur. — J. A. G.

III. **COIN.** T. *de monn.* Morceau d'acier contenant la gravure en creux des signes distinctifs de l'un des côtés d'une monnaie ou d'une médaille, et servant à la frappe de l'un ou de l'autre de ces objets.

— Ce mot d'origine latine (*cuneus*) a toujours désigné ces instruments monétaires dont la forme empruntée aux Romains, est restée en usage jusqu'au xvɪᵉ siècle. A cette époque cette forme fût modifiée avec les nouveaux procédés monétaires, et les coins formant un rectangle furent successivement nommés *quarreaux* et *carrés*. On en employait encore au commencement de notre siècle.

Pour frapper une monnaie ou une médaille, il faut naturellement deux coins ; celui de face qui représente généralement une tête ou un sujet composé de une ou plusieurs figures, et celui de revers qui contient habituellement une inscription ou une couronne dont le centre peut être occupé par une inscription.

Le coin de monnaie diffère de celui d'une médaille par ses proportions et sa forme spéciales qu'exige la presse monétaire, et par la gravure,

qui est combinée de telle façon que la pièce de monnaie puisse être frappée d'une seule pression.

Pour faire les coins de monnaie, on se sert d'acier rond en barre, de la meilleure qualité. On en coupe, au tour, des morceaux dont le diamètre est, en moyenne, le double de celui de la pièce pour laquelle ils sont faits, et d'une hauteur égale à leur diamètre. L'une des faces doit être plate et l'autre terminée par un cône dont la hauteur peut varier de 5 à 10 millimètres, selon le relief et la dimension de la pièce à frapper. Ce cône est tourné proprement, puis adouci avec un morceau de bois et de l'émeri fin, imbibé d'huile, afin de n'y laisser subsister aucune trace d'outil. Les morceaux d'acier ainsi préparés, sont mis au recuit pour leur donner toute leur ductilité naturelle.

Pour cette opération, on les place, par 6 ou 8, dans une boîte en fonte, au milieu d'une couche de charbon de bois pulvérisé, d'une épaisseur de 1 à 2 centimètres de toutes parts; puis on met la boîte dans un moufle ou dans un fourneau *ad hoc*, pour y être chauffée au coke ou au charbon de bois, jusqu'à ce que les coins soient rouges bruns; on les laisse ensuite refroidir lentement dans le lieu où ils ont été chauffés ou dans un fourneau, à l'abri de l'air vif; on les retire enfin, quand ils sont froids et, pour les nettoyer, on les passe à l'eau, étendue légèrement d'acide sulfurique.

Pour frapper un coin, c'est-à-dire pour lui donner l'empreinte d'un poinçon (morceau d'acier portant, en relief, les signes distinctifs d'une monnaie ou d'une médaille), on le place dans une virole en acier trempé, du diamètre de trois fois celui du coin, environ, afin de résister à la compression du coin, et un peu moins épaisse, de façon que le coin dépasse au-dessous d'un centimètre environ et au-dessus de toute la hauteur du cône. Il doit forcer légèrement dans le haut pour entrer dans la virole, puis on met le tout sous le balancier, la pointe du cône en haut et le centre du poinçon dessus, en contact avec cette pointe. On donne progressivement deux ou trois coups de balancier sur ces deux objets ainsi superposés et la pointe du coin, qui est relativement tendre, s'écrase en prenant l'empreinte de la partie centrale du poinçon trempé, et sur une étendue de deux centimètres de diamètre environ:

Ensuite, on fait recuire de nouveau, comme la première fois, le coin qui s'est récroui par l'effet de la pression, puis on le remet sous le balancier avec le poinçon dessus, lequel reprend exactement sa place dans l'empreinte partielle qu'il a déjà formée; on presse de nouveau un ou deux coups moyens et l'empreinte est généralement complète pour les pièces de 50 centimes jusqu'à 2 francs ainsi que pour celles de 5 et 10 centimes; pour celles de 5 francs et de 100 francs, il faut généralement trois pressions de deux coups de balancier chacune.

Les poinçons de monnaie étant complets, sauf le millésime qui varie chaque année, les coins de monnaie ne doivent subir aucune retouche après la frappe, toutefois on y incruste, à l'aide de poinçons isolés, le ou les chiffres du millésime qui ont été omis volontairement sur le poinçon; on les tourne aux dimensions voulues pour être adaptés à la presse monétaire, puis ils sont trempés et polis; ce sont les dernières opérations qu'ils subissent pour être terminés.

Les dimensions des coins monétaires finis sont de:

Coins de	100 fr.,	diam. à la base	0,060	haut^{r} totale	0,037
—	5	—	0,060		
—	50	—	0,048		
—	20	—	0,048		
—	2	—	0,048	—	0,030
—	1	—	0,048		
—	0,10	—	0,048		
—	0,05	—	0,048		
—	10	—	0,035		
—	5	—	0,035		
—	0,50	—	0,035	—	0,021
—	0,20	—	0,035		
—	0,02	—	0,035		
—	0,01	—	0,035		

Pour tremper les coins, on les fait chauffer jusqu'au rose pâle ou orange dans des boîtes en fonte, au milieu du poussier de charbon de bois, comme pour les recuits; puis on les prend un à un avec des pinces *ad hoc* et les trempe dans l'eau ordinaire en les agitant, dans le sens des faces, jusqu'à ce qu'ils soient froids. Aussitôt après la trempe, on les fait *revenir*; c'est-à-dire qu'on les fait chauffer, sur une plaque de fonte rougie, jusqu'à ce qu'ils prennent une teinte paille, ce qui leur enlève la crudité de la trempe sans leur retirer la résistance qu'elle a donnée au métal. Pour les polir, on se sert de pierres d'émeri de différents grains, afin de les bien dresser et enlever les traits de lime sur le champ du coin, puis avec beaucoup de précaution pour ne pas toucher à la gravure, on passe du papier émeri double zéro plié autour d'une lime usée pour leur donner le brillant.

Pour fabriquer les coins de monnaie en grand nombre et d'une ressemblance identique dans toutes leurs parties il faut des instruments reproducteurs, et pour les obtenir on procède ainsi: on fait d'abord un poinçon qui ne contient que le sujet, soit tête, soit figure, appelé pour cette raison *poinçon isolé*; on frappe un coin, ainsi qu'il a été dit précédemment; on y ajoute l'inscription et les autres signes complémentaires; ce coin s'appelle *matrice générale*, puis on relève, dans cette matrice un poinçon original qui contient en relief tous les motifs de la pièce de monnaie, ensuite on frappe avec celui-ci un coin appelé *matrice de reproduction* et enfin on relève dans celle-ci les poinçons reproducteurs des coins de service.

Comme on le voit, c'est le poinçon isolé qui fait la matrice générale, celle-ci le poinçon original, lequel fait la matrice de reproduction qui donne les poinçons reproducteurs des coins de service.

Il faut donc pour chacun des côtés de la pièce de monnaie: 1 poinçon isolé, 1 matrice générale, 1 poinçon original, 1 matrice de reproduction, 1 poinçon de reproduction, 1 coin de service.

Lorsque les coins de médailles sont gravés à la main, c'est généralement quand on n'a pas le temps de faire un poinçon, ou que l'objet ne

mérite pas une étude approfondie ; dans ce cas, on choisit un morceau d'acier rond, dressé sur une face, comme il convient, puis on dessine les motifs de la gravure et on les grave à l'outil plus ou moins profondément, selon le relief et le modelé qu'ils doivent avoir sur la médaille. Ce procédé ne permet pas l'étude que l'on peut faire dans l'exécution d'un modèle, en cire ou en terre, et qui sert à faire le poinçon par le moyen de la réduction mécanique. — V. RÉDUCTION.

Les coins de médailles frappés à l'aide d'un poinçon, subissent les différentes opérations des coins de monnaie ; toutefois, le nombre de coups de balancier et de recuits est déterminé par le relief et l'étendue du poinçon. Ils ne sont pas toujours dressés et polis à la surface, comme on l'a fait pendant longtemps ; de nos jours, il est beaucoup d'artistes qui les préfèrent modelés ou mats, selon l'aspect qu'ils veulent donner à leur *gravure*.

Pour donner aux médailles un ton général mat, on se sert d'une petite brosse en crin imbibée d'acide sulfurique que l'on passe, pendant 3 ou 4 secondes, sur la surface des coins, légèrement chauffés, et en tournant pour que l'acide pénètre dans toutes les parties de la gravure, puis on lave à grande eau, on essuie et on trempe.

Les coins de revers de médailles sont quelquefois percés au centre ; c'est lorsqu'on veut qu'une inscription, frappée en même temps que la médaille, puisse être renouvelée pour chaque médaille, alors on ajuste une pièce de rapport qu'on appelle *goujon* et qui contient l'inscription. Par cette combinaison, on a moins de frais à faire pour graver le goujon seulement, que pour un coin entier, ainsi sont les coins de médailles d'exposition, où le nom du lauréat est différent pour chacune d'elles. — J. L.

IV. **COIN**. *T. de chem. de fer*. Pièce de bois, de la forme d'un tronc de cône, servant à maintenir les rails à double champignon dans les coussinets qui leur servent de support, au droit des traverses. Ces coins sont en bois de chêne, et on les enfonce à refus, dans le sens normal de la circulation des trains, afin de combattre la tendance qu'aurait la voie de se déplacer dans un sens longitudinal, sous l'action d'entraînement des roues de ces trains. Les coins épousent à peu près exactement, d'une part la forme arrondie du contour intérieur du coussinet, d'autre part, le profil curviligne du rail, et leur compressibilité assure un serrage énergique, en même temps qu'elle est une garantie contre la fracture du coussinet.

V. **COIN**. *T. de mach. Coins de serrage*. Prismes de formes variées, mus par des vis d'un pas connu, à l'aide desquelles on exerce un effort dont on connaît l'intensité, soit sur un ressort, soit sur les bagues métalliques d'un piston à vapeur. || *Coins de desserrage*. Petits morceaux d'acier trempé ou non, à angles très aigus, que l'on enfonce à coups de marteau entre les deux parties d'un joint pour en opérer la séparation. || *T. d'arch. Coin émoussé*. Sorte de listel à angles abattus. || *T. de mar. Coin d'étambrai*. Morceau de bois taillé en coin servant à fixer les mâts dans les étambrais. || *T. d'artill. Coin d'arrêt*. Coin de bois destiné à caler les roues des affûts de place et de côte. || *Coin de mire*. Coin de bois servant au pointage des obusiers et mortiers de 0,22. || *T. de typogr*. Coin en bois, de largeur variable, destiné au serrage des formes. Les formes sont assujetties sur le marbre avec des coins particuliers appelés *cales*. || *T. techn*. Morceau de bois employé pour hausser le cou-de-pied d'une chaussure en forme. || Dessin d'un bas terminé en pointe et dont la partie inférieure correspond à la cheville. || Ornement sur la couture d'un livre ; outil qui sert à le faire.

COINÇAGE. *T. techn*. Action de serrer avec des coins.

COINCER. *T. techn*. Assujettir à l'aide de coins.

* **COIR**. Nom sous lequel on désigne en France un textile de couleur rougeâtre, gros et tenace, que l'on extrait du brou filamenteux qui entoure les fruits du palmier, connus sous le nom de *noix de coco*. Ce nom est un dérivé de l'indien *khair*, *queir* ; sous lequel on le connaît généralement ; on l'appelle encore *bastain*.

Le coir entoure donc la noix de coco et forme autour d'elle une enveloppe légère et imperméable. Souvent ces noix tombent dans l'eau, elles surnagent et sont transportées par les courants dans les lieux les plus reculés ; elles s'arrêtent alors au premier atterrissement, germent et donnent naissance à ces arbres d'une hauteur de 20 à 30 mètres, formés d'une tige cylindrique unique terminée par un bouquet de feuilles pinnatiséquées de 6 à 7 mètres de long, auxquels on donne le nom de *cocotiers*. Ce transport naturel par eau des fruits de ces arbres explique pourquoi on les rencontre partout, aussi bien dans les îles inhabitées et dépourvues de toute végétation que dans les pays les plus peuplés.

Le coir est surtout expédié de Ceylan en Angleterre, d'où ce pays l'envoie sur les marchés du continent. A Ceylan, on le retire en faisant séjourner dans des fossés remplis d'eau, une année durant, les enveloppes des noix de cocos que l'on entasse les unes sur les autres en les recouvrant de pierres. Au bout de quelque temps, l'eau, douce ou salée, devient fortement colorée et communique aux filaments une teinte très foncée. Lorsqu'on retire de l'eau les enveloppes des noix, elles sont molles et plus douces, on les bat fortement tout en les débarrassant des corps étrangers qui y attiennent et on les fait sécher. On compte que sept noix de coco donnent 500 grammes de fibres brutes.

On fait donc subir ainsi aux fibres du coco une sorte de rouissage grossier, mais on n'obtient pas toujours un textile d'égale qualité. Dans les fruits trop mûrs, il est dur et ligneux ; dans les fruits trop tendres, il n'est pas assez tenace. La durée de leur séjour dans l'eau influe aussi sur la qualité des fibres : en règle générale, il ne faut pas que ce séjour soit trop long.

La préparation qu'on fait subir aux fibres du coco pour obtenir le coir dans les îles Laquedives, n'est pas aussi compliquée. On se contente de les

battre fortement, de les frotter en masse les unes contre les autres, pour les débarrasser de tous les corps étrangers qu'elles contiennent, et de les tordre. Aussi six noix suffisent-elles pour donner 500 grammes de fibres.

Les cordes faites en coir sont très légères et, en même temps, très tenaces et insensibles à l'action de l'eau de mer.

D'après le Dr Schlesinger, la fibre brute du coir a un diamètre de 0m,6 à 1 millimètre, et une longueur de 30 centimètres au plus. Les cellules se laissent difficilement isoler par l'eau, mais l'isolement est plus facile avec l'acide chromique. Leurs contours sont généralement réguliers, cependant l'épaisseur des parois est extrêmement inégale. La lumière paraît souvent sous forme d'un espace creux continu ou bien interrompu à des distances très rapprochées. L'iode et l'acide sulfurique colorent la fibre en jaune d'or; l'ammoniure de cuivre ne l'attaque pas.

D'après les observations de M. Vétillard, les coupes de coir présentent des groupes ronds et compactes dans leur pourtour, mais il se trouve au centre un vide de forme irrégulière. Les sections des fibres sont arrondies, elles se touchent à peine, mais les espaces intercellulaires sont très remplis, ce qui contribue à les cimenter entre elles. — A. R.

COKE. Le coke, produit de la carbonisation de la *houille*, est un combustible précieux, qui reçoit des applications variées.

Propriétés et usages du coke. Le coke n'est autre chose que de la houille épurée, c'est-à-dire privée des matières volatiles qu'elle renfermait, ainsi que des matières terreuses, que l'on trouve dans certaines variétés. Sa combustion ne donne naissance qu'à de l'acide carbonique et à de l'oxyde de carbone. Le but principal de la fabrication du coke, est donc l'expulsion de la houille des matières étrangères qu'elle renferme, en particulier des matières volatiles, soit qu'on les recueille, comme dans la fabrication du gaz d'éclairage ou du goudron, soit qu'on ne cherche pas à en faire profit. Ces deux modes distincts de fabrication qu'on pourrait différencier, en leur appliquant des noms distincts de distillation et de carbonisation, donnent lieu d'ailleurs à des cokes de nature spéciale, et réservés à des usages différents et déterminés.

La fabrication du coke permet en outre aux houillères de tirer parti des masses considérables des menus de houille, qu'on ne pouvait utiliser sous cet état, et qui par leur importance représentent des valeurs importantes. Ce nouveau combustible, plus pur que la houille, brûle d'une façon plus régulière; et sans acquérir une plus grande puissance calorifique absolue, en se rapprochant davantage du carbone pur, il offre toutefois sous un moindre volume, une richesse relative supérieure à la houille.

Coke pour le chauffage domestique. Il provient exclusivement de la distillation de la houille et en particulier de la fabrication du gaz d'éclairage, où la production du coke n'est en réalité qu'un résultat accessoire du but que l'on se propose. Ce coke très léger, poreux, assez friable, gris de fer d'un éclat métallique, brûle presque sans flamme et ne peut se maintenir en ignition qu'autant qu'il est en assez grande masse dans un foyer fermé, avec un bon tirage. Cette combustion lente et par suite économique le rend précieux pour les usages domestiques, mais il ne pourrait par contre servir ni aux opérations métallurgiques, ni au chauffage des locomotives.

Le coke pour le chauffage domestique est classé par catégories de grosseur, depuis le gros coke jusqu'au grésillon, avec trois numéros intermédiaires, afin d'être approprié aux divers appareils où il est brûlé. Le gros coke est employé au chauffage industriel, le n° 2 pour les grands calorifères, le n° 1 pour les cheminées, le n° 0 pour les petits fourneaux et les grésillons pour des poêles spéciaux. Ces catégories s'obtiennent par un cassage (V. Casse coke) et un classement sur des grilles.

Coke métallurgique, *ou pour le service des locomotives*. Ce coke, qui provient de la carbonisation de la houille dans des appareils spéciaux et qu'on désigne souvent sous le nom de *coke de four* pour le distinguer du précédent, exige, à cause des applications qu'il reçoit, certaines qualités spéciales à chacune d'elles.

Le coke destiné à la métallurgie, ne doit être ni trop dense, ni friable, un peu boursoufflé, la dureté est assez indifférente. Il doit être particulièrement pur, c'est-à-dire que la houille doit avoir été débarrassée de toutes les matières étrangères qu'elle contient, tant volatiles qu'argileuses lesquelles forment les cendres, et en particulier des matières sulfureuses si nuisibles pour la qualité des métaux que l'on produit. Celui destiné au chauffage des locomotives, doit être au contraire très dense et très dur, la combustion étant toujours assurée par suite du tirage énergique dans le foyer et le peu de charge sur les grilles. La pureté, surtout au point de vue des matières sulfureuses, n'est plus aussi indispensable.

La nature de la houille soumise à la carbonisation influe sur celle du coke recueilli. Les houilles sèches et les houilles maigres fournissent un coke de forme et d'aspect assez semblables à ceux de la houille elle-même; les premières donnent un coke plus poreux que les secondes. Il est assez difficile avec cette nature de charbon, d'utiliser directement les menus qui n'agglutinent pas, sans recourir à un artifice, soit en les mélangeant avec des houilles grasses, soit en ajoutant du brai ou de la poix. Les morceaux de houille sèche, destinés à la fabrication du coke, ne doivent jamais avoir moins de 0m,10 de côté.

Les houilles grasses procurent un coke qui offre l'apparence d'une masse fondue, poreuse, d'une couleur d'un gris noir, avec des parties superficielles brillantes, d'aspect cristallisé, en tous points semblables au charbon des cornues à gaz. Plus la houille est à flamme longue, et plus le coke qui en résulte est friable et léger.

Les qualités qui servent à différencier les cokes, en dehors du degré de pureté, sont la densité, la dureté et la porosité. Lorsqu'un coke renferme moins de 10 0/0 de cendres, il est plus léger que l'eau, au-delà il est plus lourd. On peut dire en général qu'en moyenne, le coke pèse de 350 à 400 kilogrammes ou de 400 à 450 kilogrammes le mètre cube. Abandonné à l'air libre il absorbe de 1 à 2 0/0 d'eau, mais en prend jusqu'à 20 et 50 0/0 quand on l'immerge complètement. Une chaleur de 150° le ramène au degré normal d'humidité. Le coke a, en moyenne, une puissance calorifique égale à 6,000 calories.

De nombreuses analyses faites par M. de Marsilly, sur une série d'échantillons variés de cokes du bassin de Mons, ont permis d'établir que la composition moyenne du coke, pouvait être ainsi représentée :

Carbone.	91.30 à 91.59 0/0
Hydrogène, Oxygène, Azote.	2.50 à 2.52
Cendres.	6.20 à 5.89

Le produit en poids de 100 parties de houille varie beaucoup avec la nature de la houille. Le tableau suivant renferme le résultat des expériences faites à ce sujet à la Manufacture de tabacs, de Paris.

Perte à la carbonisation :

Houille de Blanzy (Saône-et-Loire). . .	0.44
Newcastle.	0.395
Flenu, 1re qualité (Mons).	0.39
Houille de Decive (Nièvre)	0.365
Flenu, 2e qualité	0.355
Houille dite nouvel Anzin.	0.345
Houille de Denain.	0.325
Houille dite ancien Anzin.	0,255

Le volume du coke diffère peu de celui de la houille qui l'a produite, sauf pour les houilles très grasses où il y a un foisonnement allant quelquefois jusqu'à 30 0/0.

La fabrication du coke comprend deux grandes opérations : la préparation et la purification de la houille, et la carbonisation de la matière résultant de ce travail.

Préparation de la houille. Ce travail préliminaire s'effectue par un classement méthodique des produits extraits de la mine, suivi d'un broyage et d'un lavage d'une portion d'entre eux.

Bien que les méthodes usitées offrent quelques variations dans leur mode d'application, suivant les diverses localités, elles sont toutefois soumises à des principes généraux dont on ne saurait se départir et auxquels on n'apporte d'ailleurs que des modifications de détail.

Les matières étrangères que renferme la houille sont de trois espèces : les schistes houillers intercalés en petites veinules, les pyrites que l'on trouve en rognons dans la masse et en lamelles sur le toit et le mur, enfin quelquefois des sulfate et carbonate de chaux en lamelles se détachant facilement par le choc ou le frottement.

Un premier triage effectué à la main sur les fronts de taille de la mine même, permet de retirer les grosses parties de schistes entraînées dans l'abattage, qu'elles proviennent du toit ou du mur, de la veine ou de petites veinules intercalées dans le banc.

La houille remontée au jour est alors soumise à un procédé de classement, accompagné d'un triage, pour continuer à enlever les schistes et les parties les plus apparentes de pyrite. Le charbon est passé sur des grilles inclinées dont les barreaux sont distants entre eux de 0m,05 environ. La portion qui n'a pas traversé les grilles est de nouveau triée et classée à la main, les morceaux dont les dimensions sont supérieures à 0m,15 forment une classe à part sous le nom *de gros ;* ceux de dimensions inférieures forment une seconde classe, *les gaillettes*. Quant à la partie qui a passé sous les premières grilles, elle est soumise à un nouveau classement sur de nouvelles grilles dont les barreaux ne présentent plus que 0m,025 d'écartement. Ce qui ne traverse pas la grille est trié à la main, c'est ce que l'on nomme *la gailleterie,* ce qui passe au-dessous forme le *menu*.

La dernière classe de charbon ainsi établie, est celle qui exige le plus de travail pour l'amener à l'état de pureté nécessaire pour la fabrication d'un coke de bonne qualité. Le menu est en effet soumis à un traitement analogue à celui que réclament les minerais métalliques et connu sous le nom de *préparation mécanique des minerais*.

Ce traitement consiste : en un lavage méthodique des différentes catégories du menu, obtenues par un nouveau classement mécanique à travers des trommels, condition indispensable pour la bonne exécution du travail ; puis en un broyage poussé aussi loin que possible et un mélange bien intime des diverses catégories de charbon ainsi lavé. Il est facile de mettre en évidence l'importance de cette épuration de la houille, au point de vue des qualités du coke fourni par les diverses catégories de houille et en particulier par celles qui subissent le travail le plus complexe. Des analyses attentives faites à l'usine de Seraing, près Liège, en fournissent la preuve. Ainsi on a trouvé : que les proportions de cendre contenues dans les cokes fabriqués avec les diverses catégories de houille obtenues par le passage sur les grilles par le simple triage à la main étaient de :

Gros.	2.60 0/0
Gaillettes.	3.50
Gailletin.	5
Menu.	12

Ce même menu traité ensuite par le lavage ainsi qu'il vient d'être dit, procure un coke qui ne contient plus que 7 0/0 de cendre. Les divers appareils employés pour ce traitement du menu sont assez nombreux, il est facile de les classer en trois catégories, d'après le mode d'action de l'eau : 1° soulèvement intermittent sans entraînement, les *bacs à piston ;* 2° soulèvement continu avec entraînement, *lavoir à eau courante, caisses allemandes, lavoir mécanique Lombart ;* 3° soulèvement intermittent avec entraînement, *machines Bérard, Meynier, Marsay-Robert-Girard,* etc.

Les plus employés sont les bacs à piston et les machines Berard et Meynier, ou d'autres systèmes assez analogues aux précédents pour qu'il

n'y ait pas lieu d'entrer à leur sujet dans une description détaillée. Les bacs à piston beaucoup plus simples que les autres appareils ne permettent pas de traiter avantageusement des matières fines et surtout ne réalisent pas cette condition, que nous avons énoncée comme des plus importantes, de classer aussi exactement que possible les charbons par grosseur, pour soumettre séparément au lavage chacune des séries ainsi formées. Les machines Berard et Meynier réunissent à la fois un classement et un lavage complet. Bien que ces appareils soient relativement coûteux d'installation, le problème de l'épuration de la houille est d'une telle importance que les

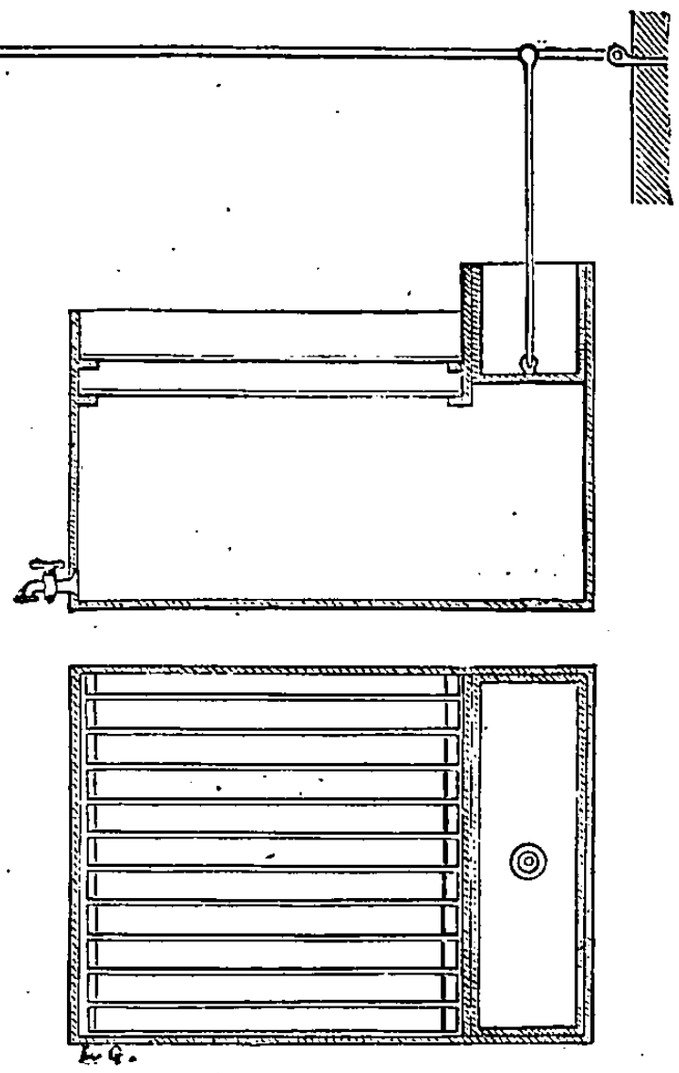


Fig. 378. — *Bac à piston.*

grandes exploitations n'hésitent pas à faire cette dépense qui devient pour elles la source de nouveaux bénéfices.

Bacs à piston. Cet appareil, représenté en coupe verticale et en plan (fig. 378), se compose d'une caisse rectangulaire en bois, divisée par une paroi verticale qui ne descend pas jusqu'au fond, en deux compartiments inégaux, laissant ces deux compartiments communiquer par le bas. Le plus grand est fermé au niveau de la partie inférieure de la cloison de séparation, par une grille sur laquelle on jette le charbon ; le plus petit contient un piston en bois mis en mouvement à l'aide d'une tige reliée à une bringuebale, soit à la main, soit à l'aide d'une transmission mécanique. La caisse est remplie d'eau un peu au-dessous de la grille.

Lorsqu'on fait agir le piston, l'eau refoulée sous la grille soulève le charbon, puis en se retirant abandonne les matières à l'action de la pesanteur. Par suite de la différence de densité qui existe entre les schistes et le charbon pur, ce dernier est soulevé plus haut et ne retourne au fond qu'un peu après les schistes. Il en résulte bientôt un classement dans la masse, les schistes se rassemblant dans les lits inférieurs. On place une seconde grille à $0^m,12$ environ au-dessus de la première, dont les barreaux présentent $0^m,10$ d'écartement, sur laquelle il ne tarde plus à se trouver que du charbon purifié qu'on enlève à la pelle. Cet appareil est très employé dans le bassin de Mons. Il offre les dimensions suivantes :

Longueur totale de la caisse.	$1^m,585$
Largeur totale de la caisse.	$1^m,30$
Hauteur.	$1^m,20$

Le grand compartiment a $1^m,57$ de longueur le petit $1^m,46$. La surface du piston est d'environ 2/3 de celle de la grille. On charge à la fois un hectolitre de tout venant dont on a retiré les gros morceaux. Si le charbon n'a pas à subir un trop grand transport, soit pour venir de la fosse, soit pour être conduit au four ; on peut laver ainsi 150 à 200 hectolitres de houille en 12 heures avec 3 ouvriers et une dépense d'eau d'environ 1/3 du volume du charbon à laver.

Machine Berard. Si l'on tient compte des rapports des poids du charbon et du schiste d'une part, du charbon et de la pyrite de l'autre, qui sont comme 1 : 3 et 1 : 6 ; ainsi que de la forme lamelleuse ou cubique des fragments et de leur tendance à se mouiller ; on conclut que pour le classement en grosseur, on doit s'arrêter à cette limite : que sous l'action d'un courant d'eau ascendant, le plus petit fragment de schiste ne puisse être dans le même temps élevé aussi haut que le plus gros morceau de charbon. Tel est le principe qui a présidé à la conception du système Berard. L'appareil dont nous ne donnons que la silhouette générale dans la figure 379 comprend : une trémie T sur laquelle on verse le charbon, d'où il tombe sur un système de trois grilles, animées d'un mouvement de secousses dans le sens longitudinal, formant trois catégories de charbon envoyées au broyeur. La première A, faisant écouler les refus sur une table B, pour un triage préalable à la main. La seconde C, conduisant les refus aux broyeurs R, d'où ils tombent dans une fosse inférieure E ; et la troisième D, les conduisant directement à la fosse. Une noria O puise ce menu et le conduit dans un trommel classificateur S, établissant à son tour trois nouvelles catégories. Ce classificateur opère à sec ou à courant d'eau suivant que le menu est sec ou boueux.

Les trois catégories établies par le classificateur sont chacune versées dans un bac à piston, dont on voit l'un d'eux en coupe. FF' caisse en fonte dont une partie du fond est relevée sous un angle de 45°, GG' châssis en fonte incliné à 3 0/0 et recouvert d'une grille à trous de 1 à 3 millimètres suivant la catégorie traitée, H cloison où s'appuie la vanne I, J contre-vanne, K piston, M N écoulement des schistes passant entre les vannes, L V plan d'écoulement des charbons dans une fosse générale, d'où une nouvelle noria *o* les relève vers une trémie *t*, qui sert au chargement des

vagons conduisant le charbon aux fours à coke.

Voici quelques détails sur les diverses parties de l'appareil. Dans le broyeur, chaque cylindre est commandé directement par la machine, le recul s'effectue à l'aide d'un palier à coulisses, une vis d'arrêt, faisant butoir, limite l'écartement. Les cylindres ont un corps en fer avec enveloppe en fonte, à cannelures dans les deux sens formant des saillies en tronc de pyramide, ils présentent $0^m,50$ de diamètre et 1 mètre environ de longueur, tournant à la vitesse de 60 tours par minute et avec un écartement minimum de $0^m,01$. Ils peuvent broyer de 10 à 12 tonnes par heure. Le classificateur tourne sur lui-même, en même temps qu'il reçoit un rapide mouvement de va et vient longitudinal; sur une course de 9 à 10 centimètres et 160 à 170 oscillations par minute. On peut y passer 15 tonnes par heure.

Les bacs à piston diffèrent un peu de ceux décrits plus haut. Le piston communique à l'eau un mouvement de va et vient, les matières soulevées retombent à la fois par leur propre poids et par l'action du retour de l'eau. La disposition de la vanne et de la contre-vanne, une fois la mise en train, permet au schiste, mais au schiste seul, de s'écouler d'une façon continue. La contre-vanne doit avoir pour hauteur à peu près la moitié de la hauteur totale des matières résidant sur la plaque perforée du bac. Le piston a $0^m,60$ de diamètre, une course de $0^m,10$ à $0^m,12$ à raison de 100 coups à la minute. La surface du piston est à celle de la

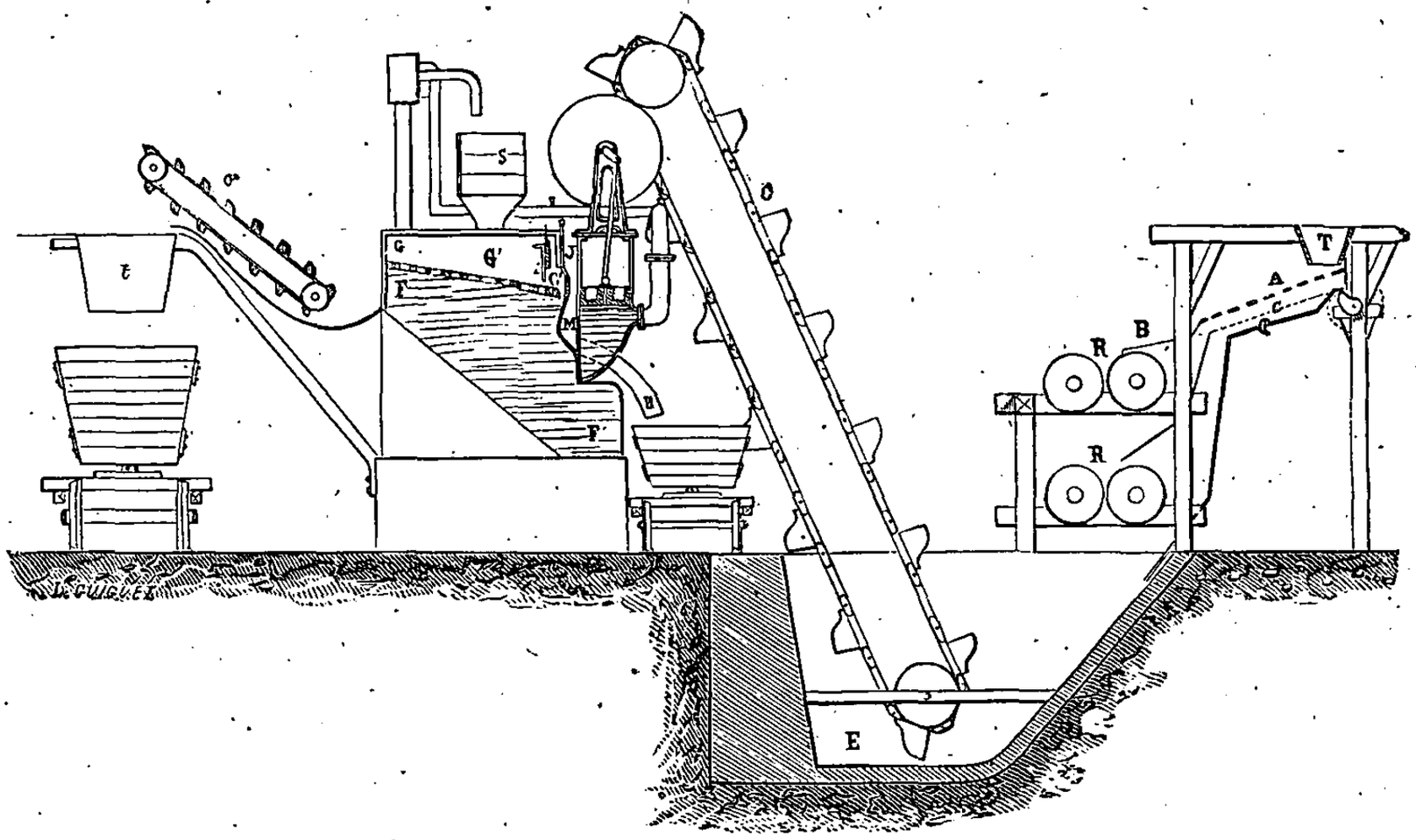


Fig. 379. — *Machine Berard.*

grille comme 1 : 5,66. Pour une course de $0^m,10$ le soulèvement est de $0^m,0176$, la vitesse de l'eau à la sortie des trous est de $14^m,08$. La commande de marche du piston est disposée de façon que la descente est deux fois plus rapide que le retour. L'eau se renouvelle constamment dans les caisses. L'eau expulsée, après avoir quitté l'appareil, passe par une série de bassins de décantation avant d'y revenir.

Une semblable machine à 1 broyeur et 3 bacs, peut traiter 150 tonnes par jour, à raison de 20 fr. de frais environ par jour et elle peut coûter de 35 à 40,000 fr. d'établissement.

Machine Meynier. L'on se propose de purifier des menus ayant passé à travers des grilles dont les barreaux n'offraient que $0^m,01$ carré d'écartement. Dans le lavage exécuté par les appareils de la première catégorie, les matières mises en suspension dans l'eau n'opèrent leur classement que par la seule action de leur différence de densité; le retour de l'eau tend à accélérer la chute du charbon et à produire de nouveau son mélange avec le schiste, de plus ce retour de l'eau, combiné en vue du lavage, ne remplit ce but que très imparfaitement, à cause des boues qu'elle tient toujours en suspension. La machine Meynier offre une sorte de bac où l'eau, commandée par une pompe, arrive à la partie inférieure d'une façon intermittente, pour s'écouler en dehors de la caisse. Les matières sont mises en suspension et dans l'intervalle qui s'écoule entre deux coups de piston, le classement s'opère; le charbon reste à la partie supérieure, est entraîné par l'arrivée suivante de l'eau, et s'écoule avec elle sur un châssis incliné à tamis où le lessivage se fait aussi complètement que possible. Une disposition de la caisse en deux compartiments permet l'extraction des schistes au fur et à mesure de leur accumulation.

Nous donnons encore dans la figure 380, la silhouette de cet appareil. E pompe aspirante et foulante, soulevant les matières sur la grille. Elle fournit 1 hectolitre d'eau par coup de piston pour une grille de $1^m,50$ sur $1^m,20$. Elle est com-

mandée par une machine de 6 chevaux et marche à raison de 15 à 20 coups par minute. La portion d'eau qu'il faut fournir au bassin d'alimentation, en plus des eaux de retour après décantation, est de 7 mètres cubes par 10 heures.

Le tuyau de conduite débouche un peu au-dessus du fond de la caisse pour ne pas être obstrué par les dépôts de fin qui s'y produisent.

Une vanne mobile K placée au-dessus du débouché du tuyau permet de diviser le courant d'eau à son arrivée. La caisse est en tôle, divisée en deux compartiments M, N, le second N sert à recevoir les schistes qui s'accumulent sur la grille en zinc perforé, qu'on extrait au dehors par une trappe inférieure.

Un plan incliné à tamis P' reçoit le charbon entraîné par l'eau, d'où il s'écoule une fois lessivé en P''.

L'eau qui traverse ce tamis se sépare des boues entraînées dans un bassin de 4 mètres sur 12 mètres divisé en cinq compartiments, pour retourner au bassin d'alimentation de la pompe. Le charbon est versé d'une estrade supérieure dans une trémie T, d'où il s'écoule dans la caisse en passant par des broyeurs dont on règle la vitesse de façon à alimenter la caisse d'une façon conti-

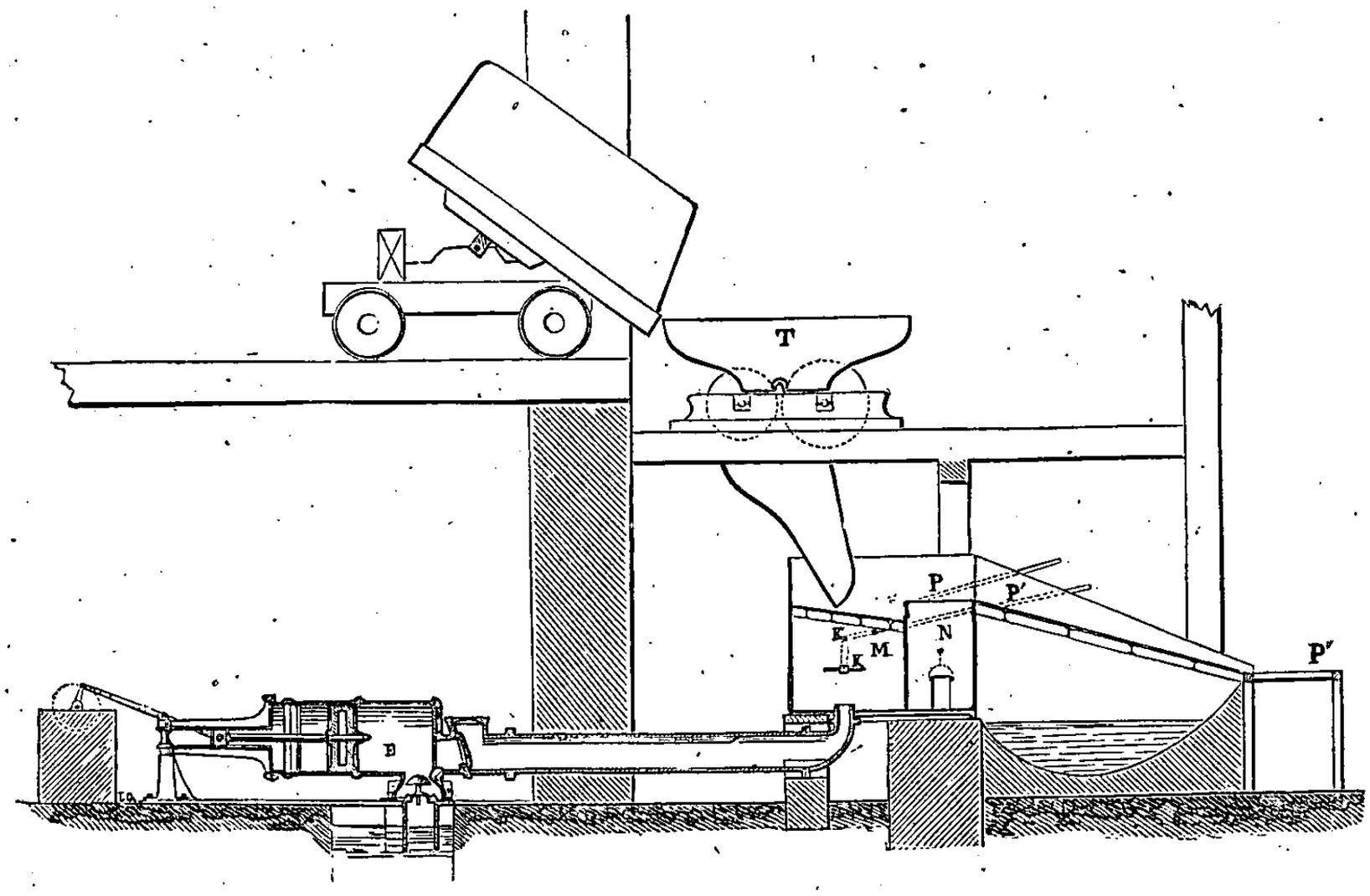


Fig. 380. — *Machine Meynier.*

nue. Une caisse ainsi disposée, peut traiter environ 1,000 à 1,200 hectolitres de charbon en 24 heures. L'établissement du système revient environ à 9,000 fr.

Les mines de charbon présentent toujours des quantités considérables de matières très fines dites *poussier*, fortement mélangées de boues et riches en pyrite, qui restent ordinairement sans utilisation et qui représentent cependant des quantités de charbon dont la valeur n'est pas à dédaigner. On peut ranger dans cette catégorie les schlamms ou déchets bourbeux produits dans le lavage des charbons. Une disposition particulière d'appareil de lavage due à M. Dor, a permis de traiter ces matières avec profit. Des expériences faites au charbonnage de l'Espérance, ont établi qu'en traitant des schlamms à 42,5 0/0 de cendres, on pouvait en 24 heures sur 5 tonnes de schlamms retirer 3 tonnes de charbon qui ne contenait plus que 12 0/0 de cendres et propre à fabriquer du coke. La dépense est par heure de 6 mètres cubes d'eau refoulée à la pression de 4 mètres. A l'usine de John Cockerill on a pu de la même façon retirer en 24 heures sur 10 tonnes de charbon à 45 0/0 de cendres, 7 tonnes de charbon à 15 0/0 de cendres seulement. Les schlamms sont jetés sur une caisse en forme d'entonnoir pourvue au sommet d'un tamis, sous une pluie d'eau forcée qui entraîne les matières dans une caisse cylindrique étranglée par le bas et qu'un courant d'eau forcé traverse de bas en haut. L'orifice inférieur de cette caisse est plus petit que la section du conduit d'arrivée de l'eau forcée. Les schlamms débourbés avant leur arrivée dans la caisse cylindrique, sont divisés par le courant d'eau ascendant, qui entraîne en s'écoulant au sommet de cette caisse le charbon lavé, les stériles descendant au fond de la caisse et s'écoulent avec une partie de l'eau qu'elle contient. Cet appareil très intéressant a permis d'utiliser des quantités considérables de matières restées jusqu'alors sans emploi.

Les applications du coke pour la métallurgie sont, ainsi qu'il est dit plus haut, une des raisons qui obligent à purifier le charbon, afin d'en séparer la proportion la plus grande de pyrite.

La désulfuration du coke, en un mot, est une opération capitale qui a donné lieu à de nombreuses études.

L'on s'est beaucoup préoccupé de savoir si l'on ne pourrait pas faire subir au coke, après la carbonisation du charbon, un nouveau traitement qui permît de pousser plus loin cette désulfuration. On a tenté divers procédés : action de la vapeur d'eau ou de l'acide chlorhydrique liquide sur le coke, grillage en vase clos en présence d'air, avec ou sans pression, enfin action de certaines substances, comme les bases alcalines, alcalino-terreuses, ou de manganèse, ajoutées au charbon avant sa calcination, et pouvant neutraliser les effets nuisibles du soufre.

Ces divers procédés ne sont pas entrés dans le domaine de la pratique. Il est prouvé que le meilleur moyen de désulfurer le coke réside dans la purification de la houille, qui, si elle est bien conduite, permet d'enlever déjà les 2 tiers du soufre que le coke, fabriqué avant ce travail, aurait contenu. Un seul de ces procédés chimiques semblerait pouvoir être appliqué avec quelque avantage, c'est l'emploi de la chaux mélangée à la houille avant la carbonisation. Quelques usines à fer, qui en ont fait l'essai, ont obtenu ainsi des fontes de meilleure qualité. Mais en résumé, c'est à la purification de la houille que l'on doit s'arrêter, et du soin apporté à cette opération résultera la qualité du coke produit, surtout au point de vue de son emploi dans la métallurgie.

CARBONISATION DE LA HOUILLE. La transformation de la houille en coke, ou carbonisation de la houille, a pour but principal d'expulser aussi complètement que possible les matières volatiles, tout en agglomérant la masse de menu charbon soumise à cette opération, lorsque tel est l'état de la matière employée. On doit avoir toujours en vue, dans cette opération, de ramener la perte de matière première au minimum, c'est-à-dire d'éviter la combustion de la houille, la chaleur nécessaire à la carbonisation devant être fournie par la combustion des gaz dégagés, et l'air ne devant servir qu'à cette opération, sans pouvoir brûler en même temps la houille. D'autre part, la chaleur résultant de cette combustion des gaz doit être utilisée de telle sorte que la carbonisation soit également produite dans tous les points de la masse de houille soumise à l'opération. Cet exposé sommaire des conditions du problème que l'on se propose de résoudre sert de guide dans l'installation de toute fabrication de coke.

La carbonisation de la houille peut se faire par divers procédés :

(a) A l'air libre { en meule. / en fours rectangulaires ouverts au sommet.

(b) En fours.

(a) *Systèmes de carbonisation à l'air libre.* Le procédé de carbonisation à l'air libre tend de plus en plus à disparaître ; on n'en rencontre plus d'exemples en France aujourd'hui. Toutefois, en Angleterre, on emploie encore les meules dans quelques contrées, et en Allemagne les fours rectangulaires ouverts, que nous décrivons ci-après. Mais la carbonisation en fours tend, aujourd'hui, à prévaloir d'une façon générale.

Carbonisation en meules. Ce procédé tend à disparaître, surtout en France, où il n'était employé qu'à Saint-Etienne. Ce n'est guère qu'en Angleterre qu'on en rencontre l'application avec des charbons maigres. Les meules ont en général un diamètre de 5 à 6 mètres, avec une cheminée centrale en briques, de $0^m,50$ de diamètre sur $1^m,20$ à $1^m,40$ de hauteur, munie de trous d'évents. La mise en feu se fait par le bas de la cheminée. La couverture de la meule n'est pas absolument indispensable, si ce n'est vers la fin de l'opération, quand le charbon rougit à l'extérieur. On dispose également les meules d'une autre façon. Le charbon est entassé sur une aire rectangulaire de 5 à 6 mètres de largeur, et des cheminées sont établies sur l'axe longitudinal à une distance de $1^m,20$ d'axe en axe.

Le rendement en coke est d'environ :

60 0/0 pour les houilles maigres.
40 0/0 pour les houilles grasses.

Les frais s'élèvent de 1 fr. 25 à 1 fr. 50 par tonne.

Fours rectangulaires ouverts à la partie supérieure. Ce genre de fours est employé en Silésie. Ils sont formés par deux murs de $1^m,57$ de hauteur sur 13 à 18 mètres de largeur, distants intérieurement de $2^m,50$, percés d'une série de conduits horizontaux qui traversent chaque massif à $0^m,65$ environ au-dessus du niveau de la sole, distants entre eux de $0^m,65$, et sur lesquels aboutissent de petites cheminées verticales. La sole est formée par un revêtement en briques de champ, posées sur une aire en béton.

On commence par poser une couche de menu tassé sur la largeur de la sole et qui monte jusqu'à l'affleurement des trous d'évent. On mure une des extrémités du four et on dispose des morceaux de bois traversant les trous d'évent qui se correspondent, puis on achève le remplissage par des couches successives de menu tassé sur une hauteur de $0^m,16$, qu'on termine par une couche de terre de $0^m,06$. On mure ensuite l'autre extrémité et l'on retire les pièces de bois disposées dans la masse.

La mise en feu se fait par les trous d'évent, en ayant soin d'opérer alternativement sur les deux murs, bouchant toujours par un tampon la cheminée verticale correspondant à l'évent mis en feu ainsi que l'évent opposé, dont la cheminée, au contraire, reste ouverte. L'ouvrier surveille la marche de la combustion en enfonçant une tringle en fer dans la masse, et quand il s'aperçoit qu'elle ne se produit pas régulièrement, il ferme certains évents, de manière à ralentir, là où la marche est relativement trop rapide. Le rendement dans cette méthode est généralement de 55 à 58 0/0. On a pu, toutefois, élever ce rendement dans une proportion notable, jusqu'à 68 et 70 0/0, en abaissant les trous d'évents beaucoup plus près de la sole, à $0^m,08$ et $0^m,10$ et en les espaçant entre eux de 1 mètre environ. La durée de l'opération est de dix jours environ, dont huit pour la carbonisation

proprement dite et deux pour le refroidissement.

(b) Systèmes de carbonisation en fours. Les fours à coke sont assez nombreux, mais peuvent se classer en trois systèmes, suivant le procédé adopté pour la carbonisation.

Système de carbonisation { à admission d'air. / en vase complètement clos. / mixte.

De ces trois systèmes, le second, carbonisation en vase complètement clos, tend à prévaloir, tandis que le dernier, au contraire, tend à disparaître. La carbonisation en vase clos présente sur tous les autres procédés cet avantage, de produire le minimum de perte de matière première en évitant la combustion même de la houille ; toute la chaleur nécessaire pour la transformation en coke provenant de la combustion des gaz, qui se dégagent au contact des parois chauffées et de la houille ; cet échauffement des parois du four étant produit à son tour par cette combustion des gaz, que l'on fait circuler convenablement autour du four. D'autre part, le système à admission d'air ne convient qu'aux houilles grasses et est donc d'un emploi relativement limité. Quant au système mixte, il tend de plus en plus à disparaître, surtout depuis les perfectionnements apportés aux fours du second système. L'introduction de l'air, difficile à régler, entraîne toujours la combustion d'une certaine quantité de houille, enfin la combustion des gaz n'est plus utilisée convenablement pour l'échauffement des parois du four, il convient tout au plus pour des charbons très maigres.

Système de carbonisation à admission d'air. Les fours de ce système sont ceux dans lesquels la chaleur est concentrée et utilisée exclusivement à l'intérieur de la chambre de combustion. La carbonisation de la masse se produit de haut en bas, ce qui, avec certains charbons, est une condition défectueuse, la partie supérieure pouvant donner lieu à une croûte qui s'oppose à la propagation de la chaleur, et la carbonisation totale n'ayant lieu qu'aux dépens de la combustion d'une partie du charbon, ce même inconvénient se reproduisant, d'ailleurs, si l'admission de l'air, mal réglée, est supérieure à la quantité nécessaire à la combustion des gaz dégagés. Ces fours ne doivent être employés que pour des houilles faciles à agglutiner, des houilles grasses. Ils sont ordinairement désignés sous les noms *de fours de boulangers*, *fours anglais* et *fours français*, présentant une sole ovale ou circulaire et quelquefois rectangulaire, surmontée d'une voûte en plein cintre ou surbaissée. On les distingue aussi quelquefois en deux catégories : en fours à une porte ou à deux portes.

On appelle plus spécialement *four anglais* celui à sole ovale.

Le four, représenté en plan et en coupe verticale par les figures 381 et 382, peut être pris comme le type général des fours anglais à une porte à sole ovale. L'admission de l'air se fait par la porte, soit à travers les joints du cadre et du volet formant la porte elle-même, soit par de petits registres réglables à volonté, établis sur ce volet.

Les dimensions moyennes de la sole sont comprises entre 4^m et $3^m,50$ pour les deux axes, et l'on ne saurait trop les dépasser, afin de laisser au travail d'enfournement et de défournement à la pelle et au ringard toute la facilité désirable. Cette sole est construite en briques demi-réfractaires, posées de champ, sur une épaisseur d'environ $0^m,30$ et sur un lit de béton ou de cendres tassées. Le niveau de la sole est à environ $0^m,60$ au-dessus du sol du massif du four. Quelquefois

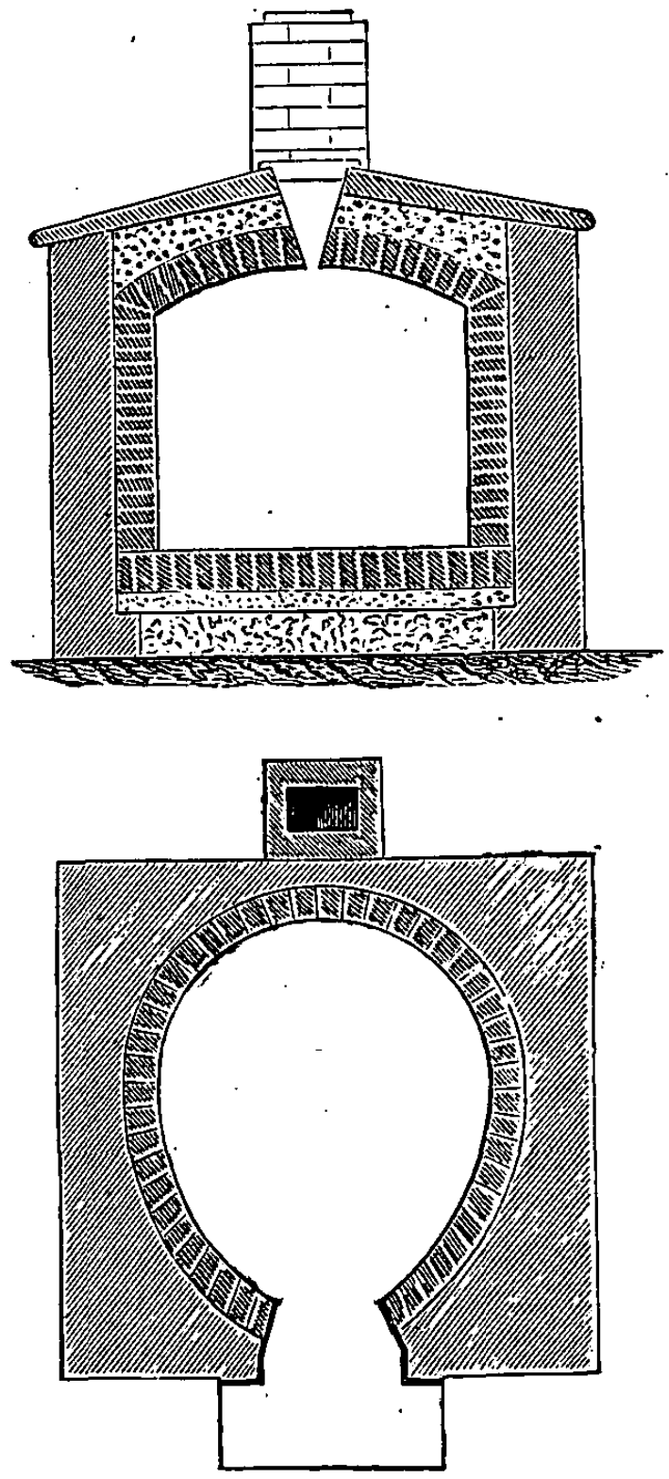


Fig. 381 et 382. — *Four anglais à une porte et sole ovale.*

on conserve une galerie de circulation d'air sous la sole, pour combattre son échauffement. Les parois intérieures du four ont une épaisseur de $0^m,12$ à $0^m,15$ en briques réfractaires de deuxième qualité, le tout enfermé dans un massif de briques rouges. Les pieds droits ont une hauteur variable de $0^m,45$ à $1^m,10$ et excèdent toujours la hauteur de la charge de houille d'environ $0^m.10$ à $0^m,15$.

La voûte est construite en matériaux réfractaires de bonne qualité, avec une ouverture circulaire au sommet de $0^m,40$ de diamètre, qui sert à l'enfournement et à l'échappement des gaz produits dans l'opération. La hauteur sous la clef est

d'environ 1m,25 pour une hauteur de charge de 0m,35 et de 1m,80 quand la charge est faite sur une hauteur de 1 mètre. Le toit supérieur du massif est disposé à double pente pour éviter toute infiltration des eaux pluviales. Les portes ont une hauteur de 0m,70 sur 0m,50 à 0m,60 de largeur.

Ils sont généralement disposés en batterie, accolés les uns aux autres, sur un seul rang ou sur deux rangs, dont les portes sont sur les faces opposées du massif, et chevauchant alternativement d'une face sur l'autre. Les pieds-droits communs reçoivent une épaisseur supérieure à celle des fours isolés, une épaisseur de brique en plus, et les culées aux extrémités du massif une épaisseur de 0m,50. On établit une seule cheminée, pour le massif, surtout lorsque par suite de circonstances locales, on ne peut laisser échapper la fumée à l'air, chaque four ayant un débouché, muni d'un registre, dans un conduit général pratiqué dans la construction et aboutissant à la cheminée, et dans ce cas, des arrivées d'air, convenablement pratiquées le long de ce conduit, assurent la combustion des gaz avant leur sortie de la cheminée. Le plus souvent les fours sont au nombre de dix par batterie, la cheminée a environ 1 mètre carré de section, la vitesse de circulation des gaz doit être de 10 mètres par seconde. Lorsque la batterie des fours ne présente qu'une seule face, on l'établit sur un terrain en double gradin, de façon à amener le charbon au niveau du plafond du four et à avoir un espace libre, recouvert de grésillons de coke damés, de 6 à 10 mètres de longueur, pour le défournement. Les vagons viennent facilement charger le coke au niveau de l'aire du défournement. Si, au contraire, la batterie est à deux faces, la voie de circulation des vagonnets amenant le charbon est établie à même sur le sommet des fours, comprenant entre les rails les ouvertures d'enfournement. Le massif est construit sur un seul gradin, entre deux aires de défournement, et les vagons qui viennent charger le coke circulent de chaque côté de ce gradin.

La durée de la carbonisation varie avec la quantité de charge; voici, à ce sujet, quelques moyennes générales :

Durée de la carbonisation	Hauteur de la charge
24 heures	0m,35 à 0m,40
48 —	0m,50 à 0m,60
3 à 4 jours	0m,70 à 0m,80
5 jours	0m,90 à 1m,00

Après une mise en feu préalable, pour des fours neufs, la chaleur que conservent les parois est suffisante pour que la houille introduite à chaque opération nouvelle s'enflamme d'elle-même. La carbonisation se faisant de haut en bas, on comprend l'intérêt à ce que la sole ne soit pas trop échauffée, ce qui déterminerait le frittage du charbon et la production d'un pied noir. Quand la carbonisation est terminée, il faut fermer complètement toutes les arrivées de l'air et attendre que la masse soit refroidie jusqu'au rouge sombre, avant de procéder au défournement. La durée de cette période varie de douze à dix-huit heures et plus, suivant l'importance du chargement.

Ces fours peuvent coûter en moyenne 500 à 800 francs d'établissement ; ils peuvent marcher d'une façon continue deux années, sauf les réparations exigées par les portes. Pour un rendement à l'essai de 75 0/0, il faut compter sur un rendement pratique dans les fours de 62 à 65 0/0.

On rencontre fréquemment ce type de fours dans les fabriques de coke. Nous donnerons, après ces renseignements généraux, les éléments spéciaux relatifs à quelques exemples de cette catégorie.

	Saint-Etienne	Camden-Town	Seraing
Longueur de la sole	5m,50 à 4m,55	3m,65	5m,00
Largeur de la sole	2m,60 à 2m,90	3m,35	2m,50
Hauteur de la voûte sous la clef	1m,30 à 1m,15	2m,00	1m,10
Poids du chargement	3.000 kil. à 4.500 kil. 2.640 kil.	3.600 kilogr.	2.500 kilogr.
Durée de la carbonisation	24 h. à 48 h. 24 h.	48 heures.	24 heures.

L'usine de Sotteville, entre Paris et Rouen, destinée à la fabrication du coke pour le chemin de fer, à l'aide du charbon très gras, de Newcastle, donnant 67 0/0 de coke, est une des plus intéressantes que l'on puisse citer au sujet de l'emploi de ces fours. Les divers éléments de la construction des fours, de leur marche est utile à connaître. Les fours sont disposés en batterie à double face, de 20 fours par batterie.

Massif d'une batterie	Longueur	43m,90
	Largeur	9m,25
	Hauteur	4m,40
Eléments d'un four	Longueur de la sole	3m,90
	Largeur de la sole	3m,40
	Hauteur de la voûte	1m,05
	Epaisseur de la voûte	0m,40
	Hauteur des pieds-droits	0m,65
	Largeur de la porte	0m,65
Eléments d'un four	Hauteur de la porte	0m,75
	Epaisseur entre deux fours : des pieds-droits	0m,65
	Epaisseur entre deux fours : au fond	0m,90
Cheminée du massif	Hauteur	28m,70
	Diamètre : inférieur	1m,30
	Diamètre : supérieur	0m,90
	Conduit général d'écoulement	0m,65 × 0m,30
	Carneau de sortie de chaque fond	0m,32 × 0m,30

Chargement, 4,000 kilogrammes sur une épaisseur de 0m,60. — Durée de la carbonisation, 84 heures.

On trouve en Angleterre une variété de ces fours, dont la sole rectangulaire est relevée en pente de la porte vers le fond, avec des pans coupés sur les angles voisins de la porte. Ces fours sont disposés deux à deux, se joignant bout à

bout par le sommet de la sole. Cette disposition présente certains avantages, tant pour l'économie de construction que pour la facilité du défournement, par suite des deux portes communes à une même capacité ; mais d'autre part les températures sont inégales et la carbonisation irrégulière.

Les fours *français* sont à sole circulaire ; il nous suffira, après ce qui précède, de donner les éléments spéciaux de quelques exemples :

	Bassin de la Loire	Aveyron (St-Aubin)	Belgique (Hirsbach)
Diamètre du four	2m,70, 3m,00, 4m,00	3m,00	4m,80
Hauteur sous clef	1m,30, 1m,60, 2m,00	1m,50.	1m,40
Poids du chargement	2 tonnes, 5 à 3 t., 3 à 4 t., 8 à 10 t.	3 tonnes	7 tonnes
Durée de la carbonisation	84 à 108 h., 84 à 108 h., 120 à 144 h.	72 heures	120 heures
Portes { Largeur		0m,70 à 0m,80	
Portes { Hauteur		0m,75 à 0m,90	

Les fours français ont été modifiés, l'admission d'air ne se faisant plus en un seul point, mais bien sur tout le pourtour du four, suivant une égale distribution et au niveau de la partie supérieure de la charge. Les figures 383 et 384 montrent un four semblable en coupe verticale et en coupe horizontale, partie au niveau de la sole, partie au niveau de la naissance de la voûte où l'on voit les carneaux de distribution. La marche de la carbonisation se fait ici en sens inverse de la précédente et de haut en bas. Quelques auteurs reprochent à ces fours de présenter toujours un excès d'air et d'entraîner une perte de la houille à carboniser ; toutefois, M. Maurice, par de grands soins apportés dans leur construction, est arrivé à augmenter le rendement, dans ces fours, de 6 à 10 0/0 pour des houilles peu collantes, en même temps que la durée de la carbonisation était diminuée d'environ 1/5.

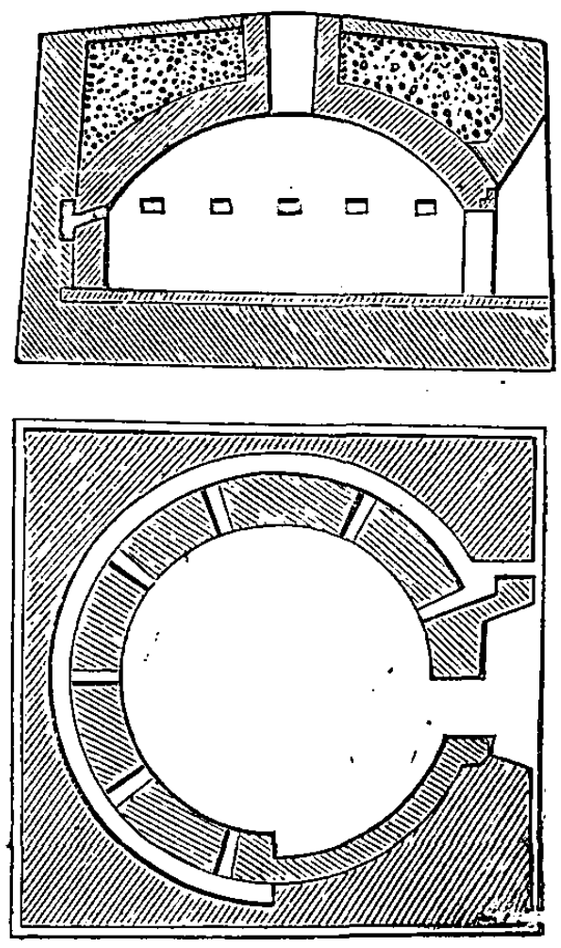


Fig. 383 et 384. — *Four français.*

Fours Eaton. Ces fours, très répandus dans le Staffordshire, ont été combinés en vue de l'utilisation, à la fabrication du coke, du menu de houille sèche, qui restait sans emploi, et dans des proportions considérables. Le manque absolu des propriétés agglutinantes de cette variété de houille exige l'addition d'une matière grasse, et l'on emploie, soit du menu bitumeux du pays de Galles, soit de la poix, soit un mélange de ces deux matières.

Menu maigre	Menu bitumeux	Poix	Rendement en coke
45 0/0	55 0/0	» 0/0	55 à 65 0/0
75	»	25.	53
44	44	12	60 à 65

Ces fours sont disposés en ruche circulaire, avec une vaste cheminée centrale C. Chacun des fours A forme un secteur du massif, dont les figures 385 et 386 montrent : la coupe en plan et la coupe verticale suivant l'axe longitudinal. Ils sont fermés en avant par une porte et s'ouvrent à l'arrière par un carneau B muni d'un régulateur, réglant le tirage et l'admission de l'air qui détermine la combustion des produits gazeux s'échappant vers la cheminée. Les sections du conduit général allant du fond à la cheminée varient de façon à assurer la régularité de la marche. Ainsi la section au débouché du four est de 0m,45 carré, au régulateur 0m,20 et au pied de la cheminée 0m,15. Des diaphragmes D et un chevauchement dans les points d'arrivée des carneaux à la base de la cheminée assurent la marche régulière du massif, l'indépendance relative de chacun des fours, dont le tirage ne saurait être gêné par celui des fours voisins.

La conduite d'un semblable massif exige l'observation de certaines règles, qui ont pour but d'utiliser d'une façon aussi absolue que possible toute la chaleur produite dans la carbonisation, de telle sorte que celle qui est transmise par les parois latérales du four en marche concourt à la carbonisation dans les fours voisins. Aussi ne donne-t-on à ces parois latérales, dirigées suivant les rayons à l'intérieur du massif, que l'épaisseur minima indispensable à la solidité de la construction. L'ensemble des douze fours formant la ruche, en supposant qu'on leur affecte des numéros, suivant l'ordre naturel des nombres, est divisé en trois groupes :

N^{os}	1	4	7	10
	2	5	8	11
	3	6	9	12

La mise en feu se fait d'abord à feu nu sur les quatre fours du premier groupe, et dure quatre à six jours, après quoi on les charge de menu. Les fours du second groupe sont ensuite chargés à peu près au tiers de la période de carbonisation de ceux du groupe précédent, et ceux du troisième groupe dans le même ordre. Il est bien évident que par cette combinaison, la marche de chaque alvéole se trouve, au point de vue de l'utilisation de la chaleur, dans des conditions régulières et des plus avantageuses possibles.

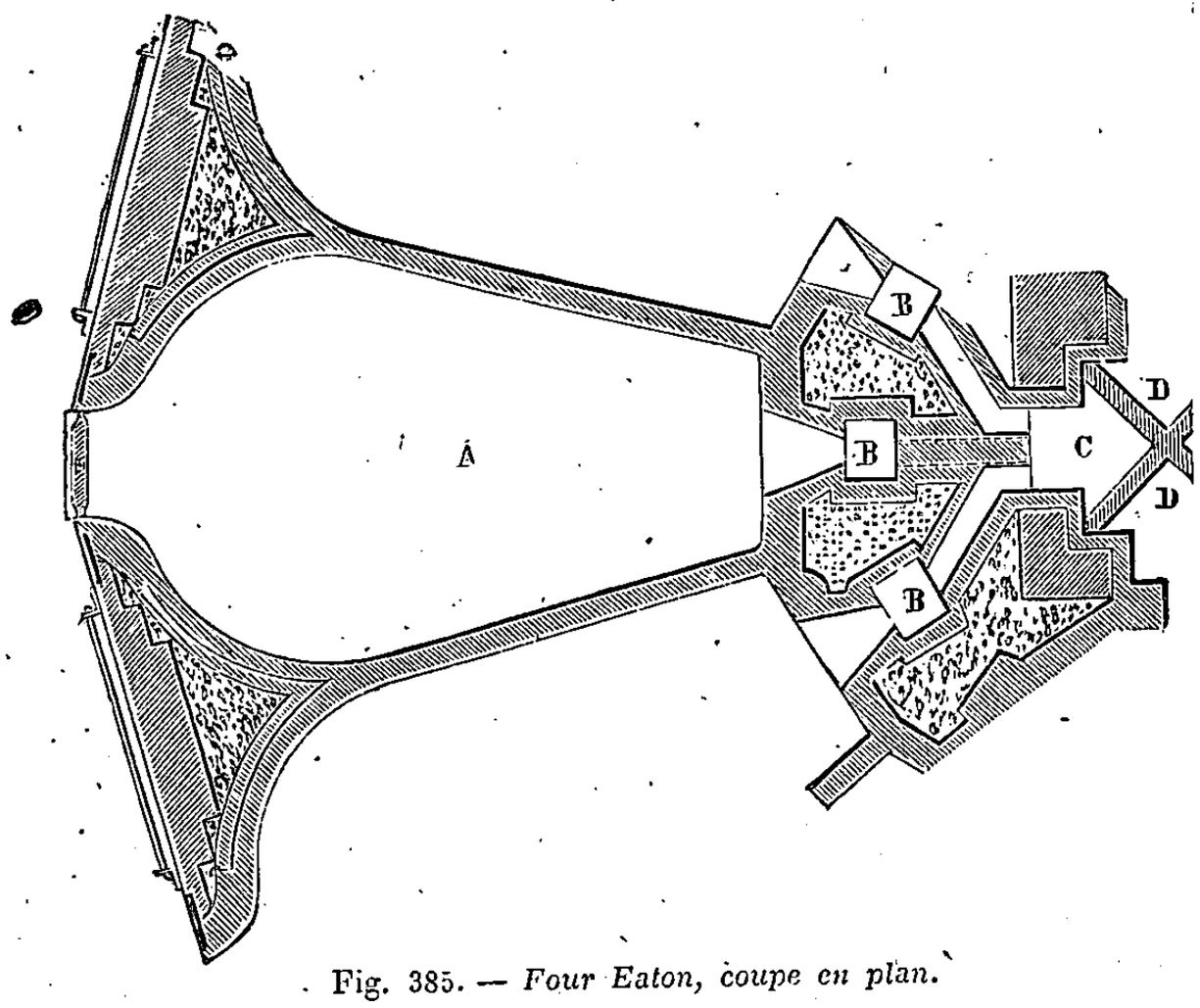


Fig. 385. — *Four Eaton, coupe en plan.*

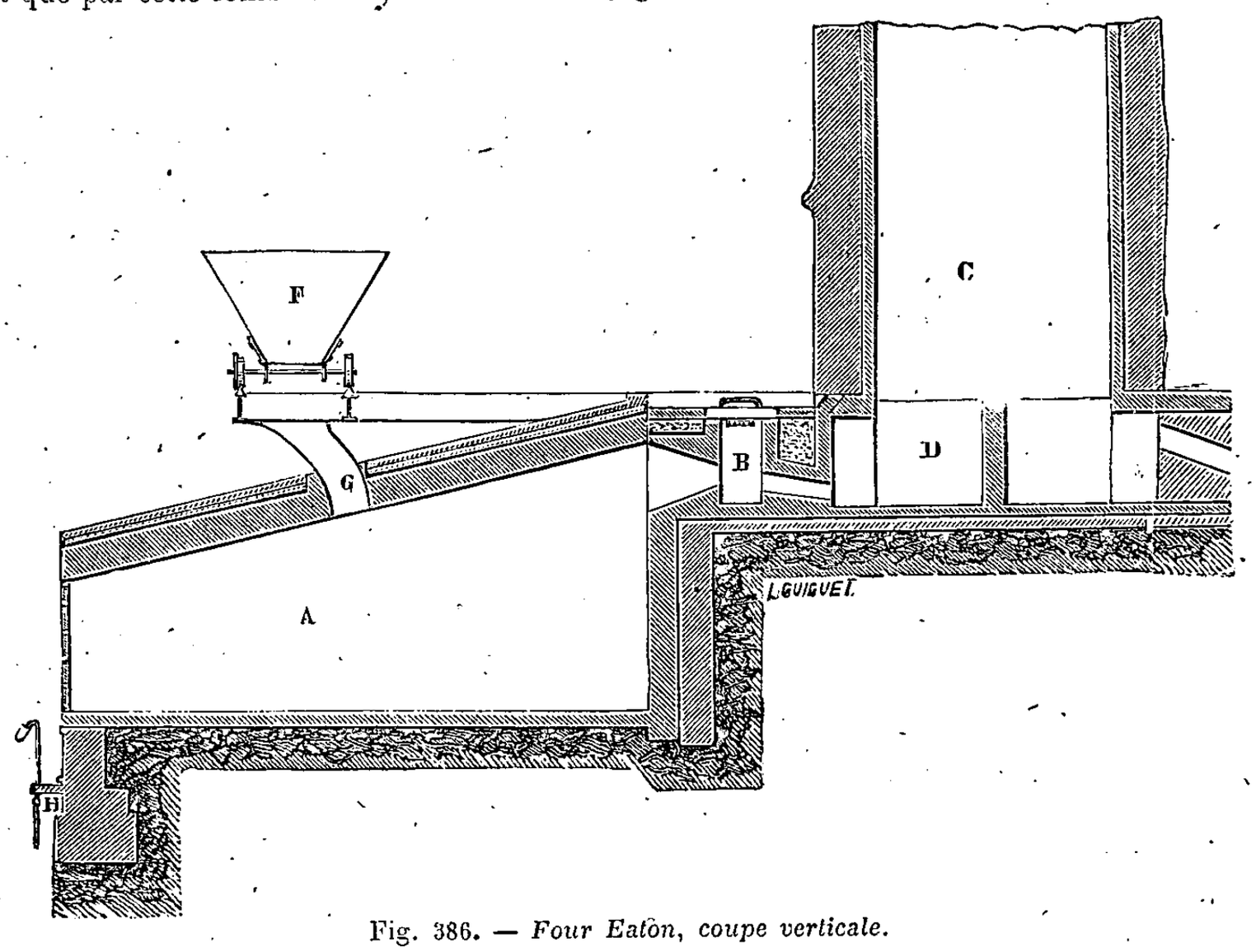


Fig. 386. — *Four Eaton, coupe verticale.*

Le chargement se fait de préférence par une trémie supérieure G dont l'orifice récepteur débouche au milieu d'un petit chemin de fer circulaire régnant sur la plate-forme. Le défournement se fait par la porte. La forme de la sole s'oppose à un défournement mécanique. Avec un massif dont le diamètre est d'environ 13 à 15 mètres, on produit 60 tonnes de coke par semaine.

Four Gibson. Un des principaux reproches que l'on puisse adresser aux fours anglais et français, c'est de nécessiter un défournement à la main, par suite de la forme de la sole. M. Gibson a construit une variété de four à admission d'air, (fig. 387 et 388) où le défournement peut s'opérer mécaniquement, grâce à la forme rectangulaire qu'il donne à la sole. Ces fours fonctionnent à Boulogne-sur-Mer. La sole, à peu près rectangulaire, présente du fond à l'entrée un léger évasement destiné à faciliter le déchargement du coke ; elle est surmontée d'une voûte en plein cintre. Le chargement se fait à la pelle par une petite porte de derrière, le déchargement par une grande ouver-

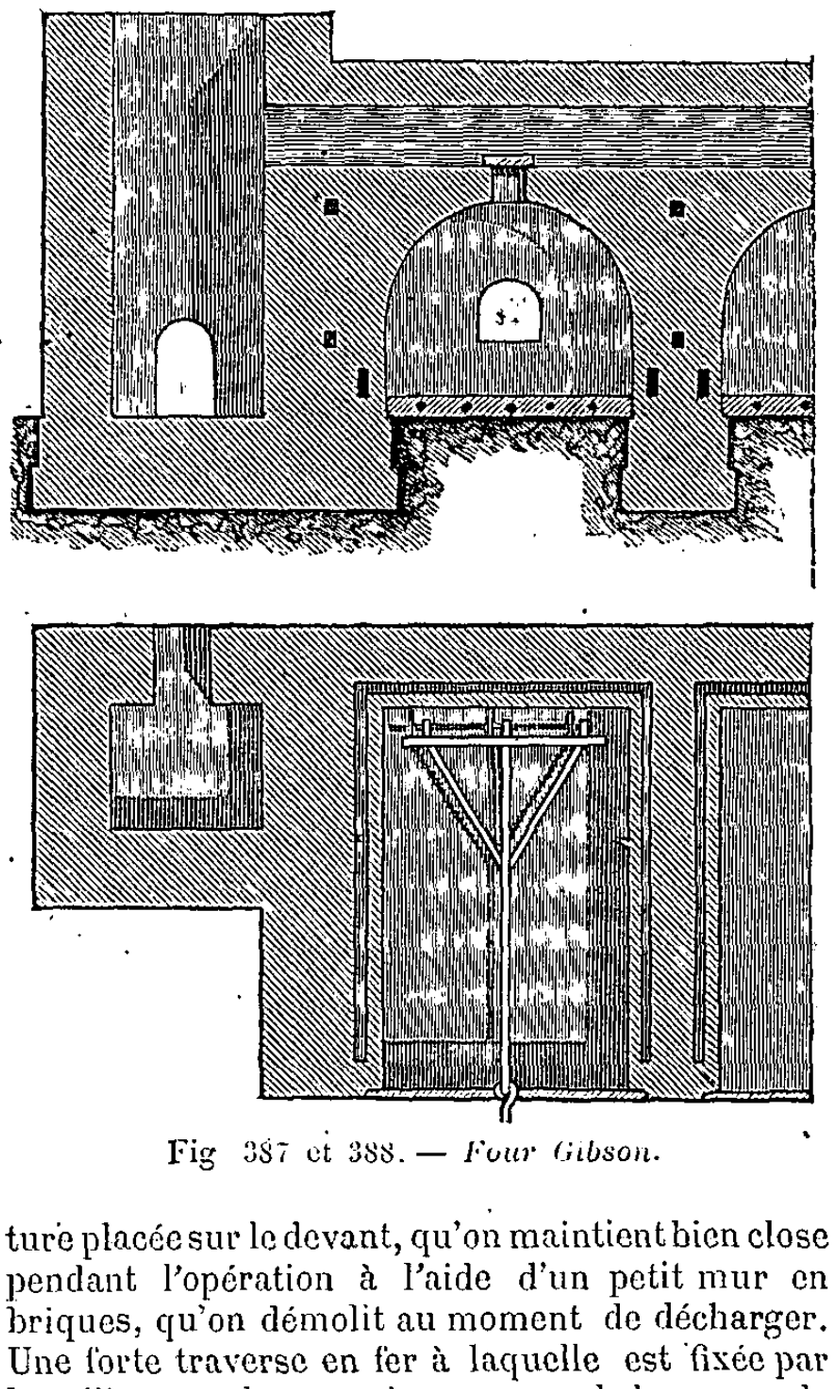


Fig 387 et 388. — *Four Gibson.*

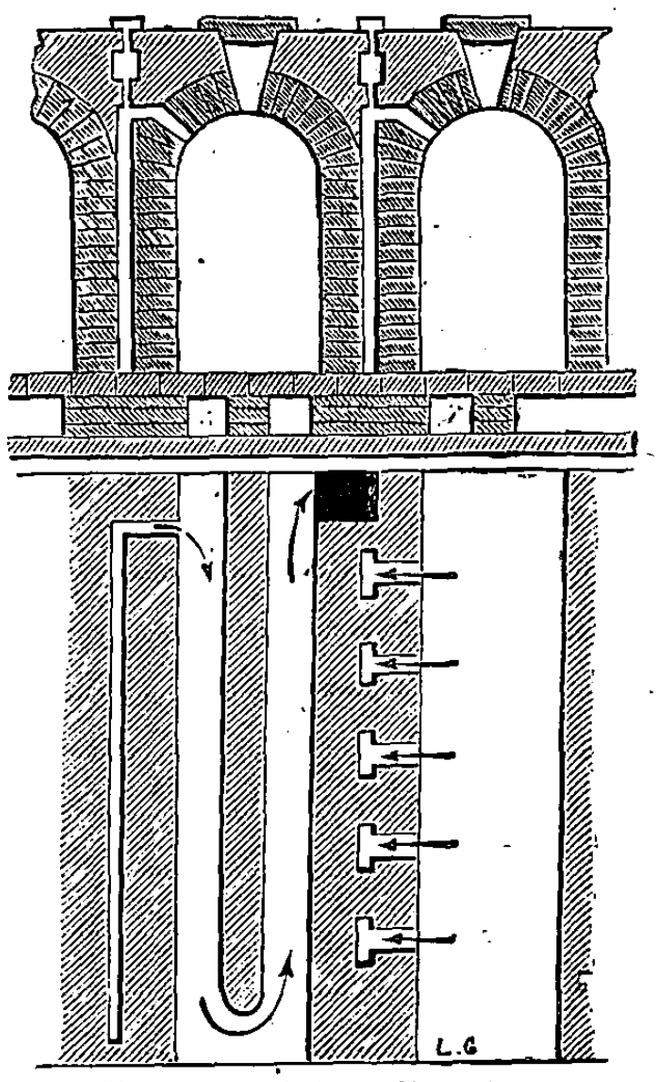
ture placée sur le devant, qu'on maintient bien close pendant l'opération à l'aide d'un petit mur en briques, qu'on démolit au moment de décharger. Une forte traverse en fer à laquelle est fixée par le milieu une barre qui repose sur la longueur de la sole, permet, une fois l'opération terminée, à l'aide d'un treuil et d'une chaîne accrochée à la traverse, de retirer le coke d'une seule pièce en dehors du four.

Les fours sont disposés par batterie de 12, avec une cheminée unique pour la batterie ; chaque four en particulier présente les éléments suivants :

Sole, ...	3m,69 sur 2m,12
Hauteur sous clef	1m,85
Poids du chargement.	4,500 kilogr.
Durée de l'opération.	48 heures.

Ces fours, d'une construction très simple, présentent un rare exemple de massifs, sans l'intervention de pièces métalliques ; il est vrai que les matériaux employés sont de première qualité. Des conduits pratiqués dans l'épaisseur des pieds droits établissent une communication entre l'air extérieur et ces voûtes. De petites cheminées surmontent chaque four, celles-ci restent bouchées pendant toute l'opération, on les ouvre seulement à la fin pour établir un courant rapide d'air chaud qui balaie toutes les vapeurs dégagées. Le chargement demande cinq heures et demie, les gaz commencent à s'enflammer au bout de deux heures, peu à peu on lute toutes les ouvertures, ce qui est complètement fait après quarante-huit heures. On laisse alors le coke refroidir et l'on défourne après soixante-douze ou quatre-vingt-seize heures.

Système de carbonisation en fours clos. Le système de carbonisation en vase clos est le plus ré-



Fiig. 389 et 390. — *Four belge.*

pandu. L'échauffement de la masse enfermée dans le four se produit par la transmission de la chaleur des parois, et celles-ci, à leur tour, sont échauffées par la combustion des gaz que dégage la houille, lesquels circulent dans des carneaux enveloppant le four, où ils sont mêlés à de l'air pris à l'extérieur, pour déterminer leur combustion. La carbonisation s'opère donc à la fois sur toute la masse de la houille, en marchant de la surface externe vers le centre, et comme l'avancement est d'environ 0m,20 par jour, on peut déjà prévoir que la forme la plus avantageuse à donner au four sera celle dont la section présentera un rectangle de petite base par rapport à la hauteur.

Cette classe de fours présente un grand nombre de variétés, réunies en deux groupes, suivant que l'on chauffe la sole seulement, ou la sole et les parois.

Les fours belges, qui offrent sous ce nom d'assez nombreux modèles peuvent se rapporter au type général que nous représentons dans les fi-

gures 389 et 390. Ils ont la forme de chambres parallélipipédiques surmontées par des voûtes en plein cintre, disposées en massif, avec des carneaux de circulation pour les gaz ménagés dans les pieds-droits, d'où ces gaz sont conduits sous la sole, qu'ils parcourent deux ou trois fois en longueur, grâce à des cloisons disposées dans la chambre, pour s'échapper enfin dans un conduit général régnant sur toute la longueur du massif et qui débouche dans la cheminée. Quelquefois on adopte une disposition inverse pour la marche des gaz, qui passent d'abord sous la sole et remontent ensuite dans les pieds-droits.

Le point important à observer dans la construction de ces fours, c'est la disposition d'arrivée d'air pour régulariser la température, en produisant une combustion complète et graduelle des gaz dégagés. Chacun des carneaux de circulation des gaz sortant du four est mis en communication avec une galerie par laquelle arrive l'air extérieur ; un petit regard placé au-dessus du carneau permet d'observer la marche de la combustion des gaz, qu'on règle à l'aide d'un registre limitant l'arrivée de l'air extérieur. Il en est de même pour les carneaux horizontaux de circulation sous la sole.

Les grandeurs des fours et la durée de la carbonisation dépendent de la nature de la houille employée ; plus la carbonisation est prolongée et plus le coke obtenu est dense.

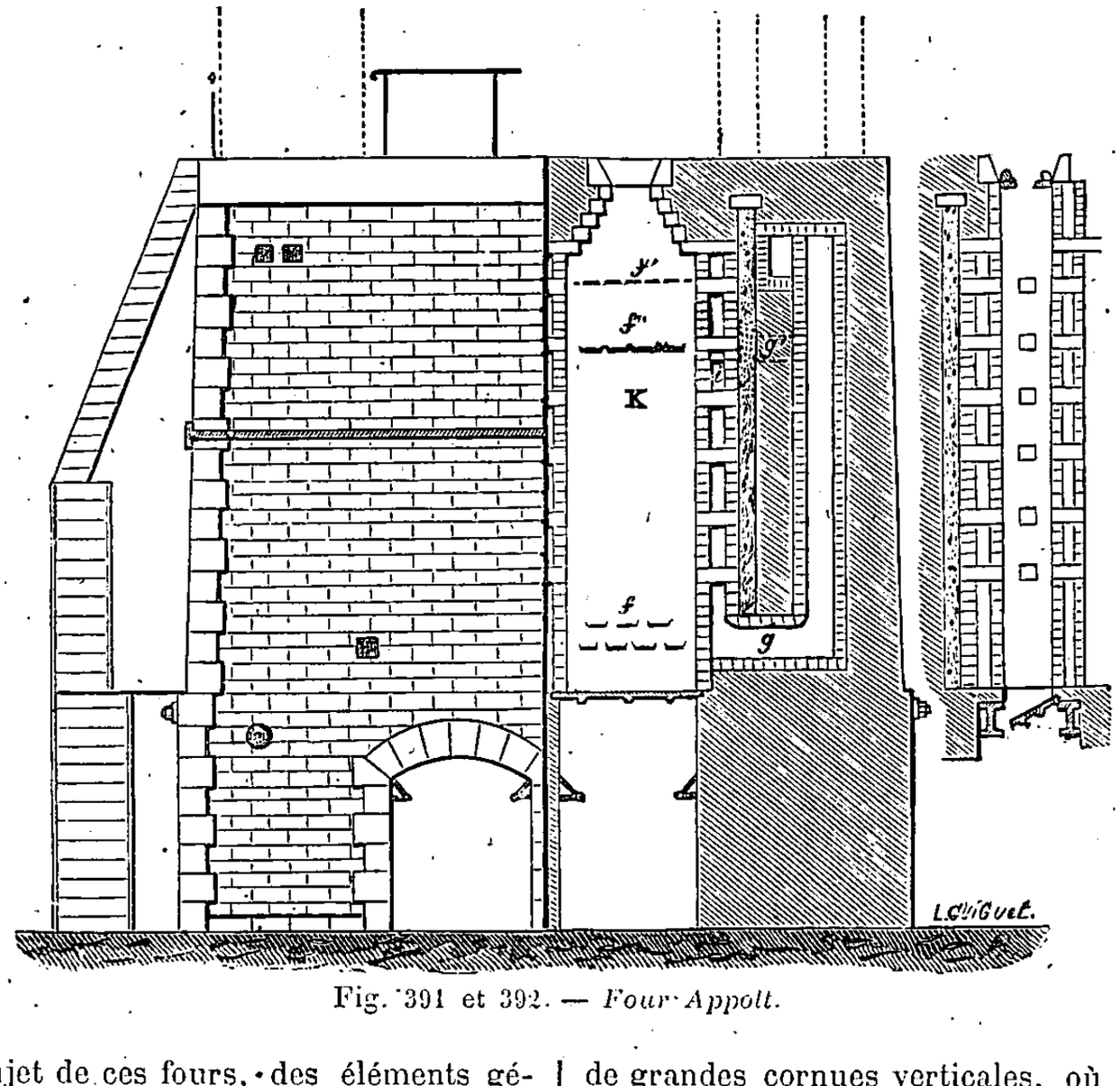


Fig. 391 et 392. — *Four Appolt.*

Voici, au sujet de ces fours, des éléments généraux sur leur construction et la marche de l'opération :

	Houille grasse	Houille non grasse
Durée de la carbonisation	48 h.	24 h.
Section du prisme de charbon : base	0m,80	0m,40 à 0m,45
Section du prisme de charbon : hauteur	1m,00	0m,75 à 0m,80
Longueur de la sole	7m,00	7m,00
Hauteur sous la clef	1m,50	1m,10 à 1m,20

Ces fours sont à deux portes, disposition qui favorise le déchargement mécanique. Le rendement dans ces fours est très élevé ; il ne présente que 2 ou 3 unités de moins que le chiffre donné pour le rendement à l'essai.

Fours Appolt. Ces fours se distinguent complètement, par leur disposition, de tous ceux que nous avons décrits jusqu'ici. Ils sont formés par de grandes cornues verticales, où la carbonisation se fait complètement à l'abri de l'air. Leur caractère essentiel est une augmentation très grande de la surface de chauffe ; et pour mieux faire pénétrer la masse de la houille par la chaleur, chaque cornue est divisée en une série de compartiments par des cloisons intérieurement vides, où s'opère la combustion des gaz. Cette disposition permet d'employer la houille à un état de division plus grande, d'où une amélioration dans la qualité du coke. Enfin, relativement aux autres systèmes, il y a une diminution de la surface extérieure et des portes pour une même charge.

La figure 391 montre la moitié de la coupe transversale du massif, et la figure 392 la coupe d'un compartiment dans le sens perpendiculaire au précédent.

Chaque four proprement dit est formé d'une chambre rectangulaire K ayant 5m.23 de longueur, 3m,50 de largeur et 4 mètres de haut, divisée par

des cloisons de 0m,12 d'épaisseur en douze compartiments formant chacun un four complet, ayant 4m,24 de longueur sur 0m,45 de largeur à la partie inférieure et 1m,33 sur 0m,33 à la partie supérieure. Chacun de ces compartiments a ses parois propres et est environné par un espace libre de haut en bas. Tous ces espaces libres communiquent à leur tour entre eux, formant une enceinte continue. La distance entre les parois extérieures de deux compartiments voisins est de 0m,20 à 0m,25. L'ensemble du système est compris entre 4 murs de briques réfractaires, enveloppés à leur tour par une chemise en briques rouges, avec un espace libre intermédiaire rempli de matières pulvérisées, mauvaises conductrices. De fortes briques traversant les espaces vides *i*, entre les compartiments et disposées en quinconces, servent à les relier entre eux.

Chaque compartiment est muni de deux ouvertures. L'une supérieure, dont les pans suivant la petite face sont verticaux, tandis que ceux correspondant aux grandes faces sont étranglées par un système de gradins, sert au chargement de la houille. L'ouverture inférieure munie d'une porte en fonte de 0m,02 d'épaisseur, mobile autour d'une charnière mue de l'extérieur du massif à l'aide d'une clef et qu'on maintient fermée par un système de verrou, sert au défournement. Toute la construction repose sur un grand cadre en fonte et un soubassement de voûtes, qui permettent la facile circulation des vagons sous les portes de déchargement. Si l'on examine un compartiment en particulier, on y remarque à environ 0m,42 au-dessus de la base et sur une hauteur de 0m,15, un système de petits évents *f*, communiquant avec les espaces libres enveloppants, de 0m,14 de longueur, sur 0m,02 d'épaisseur chacun, et au nombre de neuf sur chaque grande face, et de trois sur chaque petite. Au-dessus du niveau du chargement, ou un peu en dessous, on en trouve un second système *f'*, *f''* analogue, mais au nombre de trois seulement sur chaque grande face. L'utilité de ces évents a été constatée pour l'écoulement facile des matières goudronneuses. Enfin, chaque four présente deux systèmes de conduits pour les gaz, les uns *g* à la partie inférieure de 0m,25 carré de section débouchant dans une cheminée verticale dans la paroi enveloppante du massif, les autres *g'* à la partie supérieure de 0m,17 sur 0m,20 de section débouchent dans une autre cheminée. Ces conduits sont au nombre de trois sur chacune des grandes faces, en haut et en bas, soit douze par compartiments. Quant aux cheminées vecticales elles viennent déboucher dans des conduits horizontaux débouchant dans la cheminée du massif. Des registres placés sur chaque cheminée permettent de régler le tirage.

La conduite d'un four Appolt se règle de la façon suivante : Si l'on prend un four neuf, on commence par charger de la houille qu'on laisse brûler en maintenant le four ouvert au sommet, jusqu'à ce que les parois extérieures soient portées au rouge, puis on ferme en haut. Cette opération préliminaire dure environ dix jours, et la température intérieure atteint 1200°. On procède alors au chargement du menu destiné à la fabrication du coke, en opérant successivement en quinconce sur les compartiments. Les fours ayant été construits pour une charge moyenne de 1,400 kilogrammes, exigent vingt-quatre heures environ pour la carbonisation, on voit qu'une fois l'opération mise en train, elle se poursuivra d'une façon continue.

Les avantages de ce nouveau système de fours peuvent se résumer ainsi : Possibilité de carboniser une grande masse de houille dans un espace proportionnellement petit. Augmentation considérable de la surface de chauffe, environ 190 mètres carrés pour 17 tonnes, ce qui assure le succès de la carbonisation. Economie de l'emplacement par suite de la disposition verticale. Conservation de la construction, le coke n'exerçant pas de frottement sur les parois. Enfin la facilité et la rapidité tant de l'enfournement que du défournement, procurent une grande économie sur les pertes de chaleur qu'occasionnent ces opérations. Le rendement est d'ailleurs très élevé ; il monte avec les houilles collantes anglaises à 72 0/0, et avec les belges à 80 0/0.

Fabrication du coke. Elle comprend la série d'opérations suivantes : 1° *Chargement du four ;* 2° *Carbonisation ;* 3° *Défournement ;* 4° *Extinction.* Le mode de chargement dépend de la forme du four ; celui qui est préférable consiste à verser directement la houille par une, ou ce qui vaut mieux, deux ouvertures ménagées au sommet de la voûte, à l'aide de vagonnets circulant sur le massif, puis d'étendre cette couche uniformément par les portes, à l'aide de rables. Il n'est pas difficile de voir que ce procédé est bien supérieur au chargement direct à la pelle par la porte, le four restant moins longtemps ouvert, et la perte de chaleur entre deux opérations successives se trouvant par là beaucoup moindre. Comme nous l'avons déjà dit, le chargement se fait en général jusqu'à la hauteur des naissances des voûtes.

La carbonisation se trouve régie par la nature du four employé. Nous ne reviendrons pas sur cette question, exposée en détail dans la description des divers systèmes d'appareils. On doit toujours seulement se préoccuper d'éviter les déchets, qui proviennent de deux causes, ou l'incinération de la houille, soit par l'introduction d'un excès d'air, soit par excès de chaleur, ou l'égrènement du coke, la production de fraisil, ce que détermine une paroi trop chaude du four sur la couche adjacente.

Le défournement a lieu, soit à la main, à la pelle ou au crochet, soit mécaniquement. Le premier cas correspond aux fours où la largeur de la porte est plus petite que celle de la sole, et également aux fours à sole ovale ou circulaire. Outre l'élévation de dépenses qu'il entraîne, la longueur de l'opération occasionne toujours une perte de chaleur, d'autre part le coke est plus ou moins brisé. Dans les fours à sole rectangulaire, le défournement peut s'opérer mécaniquement. Lorsqu'il n'y a qu'une porte, on emploie une sorte

de rateau à long manche, qu'on dispose dans le four avant le chargement, ainsi que le montre le four Gibson. Si le four présente deux portes, on peut défourner au repoussoir, sorte de bouclier porté par une longue tige à crémaillère que l'on fait avancer à bras d'homme, à l'aide d'engrenages, ou qui est mue par une petite locomobile, disposition adoptée assez souvent.

L'extinction proprement dite, qui s'opère une fois le coke extrait du four, est toujours précédée, avant le défournement, d'une première période de refroidissement dans l'intérieur même du four, et dite *étouffement*. Lorsque la houille ne laisse plus dégager de matières volatiles, si on suspend toute arrivée d'air, la combustion s'arrête. Généralement l'étouffement est arrêté lorsque la masse est descendue au rouge sombre ; quelquefois il est prolongé jusqu'à extinction complète, d'autres fois enfin on l'active par une injection d'eau dans le four même. L'extinction au dehors s'obtient, soit par arrosage; soit, en recouvrant la masse de coke d'une couverture de fraisil, et dans ce cas le défournement s'opère entre de petites murettes, construites sur l'aire, établies en avant des portes. Le premier procédé est de beaucoup supérieur au second, il entraîne à moins de pertes et concourt à la désulfuration du coke.

Nous terminerons en parlant de l'utilisation de la chaleur perdue dans les fours à coke, réalisée en faisant circuler les gaz sous des chaudières à vapeur, utilisation très applicable avec des fours où les gaz dégagés ne sont pas employés à chauffer les parois. A l'usine de Seraing, on a constaté qu'on utilisait 25 0/0 du pouvoir calorique de la houille carbonisée : pour 1 kilogramme de houille carbonisée, on produit 1k,3 de vapeur à 3 atmosphères. Les chaudières sont disposées sur le massif, dans une chambre au-dessus d'un pied-droit commun à deux fours qui, dans ce cas, est établi plus solidement que dans les fours ordinaires ; ce système offre une installation facile, mais dispendieuse. On peut les établir à côté des fours, à quelques distance et complètement indépendantes ; mais l'augmentation du circuit imposé ainsi aux gaz augmente leur refroidissement et diminue l'effet utile. Enfin, dans les fours à sole chauffée, on peut disposer des bouilleurs inclinés dans les carneaux de circulation, mais alors, dans ce dernier cas, il ne faut pas trop donner de surface de chauffe aux bouilleurs, afin de conserver toute la chaleur nécessaire à la carbonisation. — R.

* **COKETIER.** *T. de mét.* Celui qui vend ou qui fabrique du coke.

COL. *T. de cost.* Partie d'un vêtement, et particulièrement de la chemise, qui entoure le cou. *Col-cravate.* Nom que l'on donne à la cravate confectionnée; cet ajustement se compose généralement d'un nœud simulé, en étoffe, muni d'une étroite bride de même tissu que l'on passe autour du col de la chemise, et dont on fixe l'extrémité libre par un système de ressort métallique dissimulé sous le nœud confectionné. Le col-cravate, en subissant les caprices de la mode, prend les formes les plus variées et, il est à peine besoin de le dire, les noms les plus fantaisistes. || Autrefois, sorte de haute cravate qui s'agrafait, se bouclait ou se boutonnait derrière le cou. Elle est aujourd'hui à peu près abandonnée. || *Faux-col.* Col séparé de la chemise qui s'adapte à celle-ci pour imiter un col ordinaire. || Dans l'ajustement des femmes, sorte de petit collet, en toile, en mousseline ou en dentelle, monté sur un fichu et qui dépasse le corsage de la robe. || *T. de serrur.* Courbure que l'on fait subir à une tringle.

* **COLAMINEUR.** *T. techn.* Sorte de *lamineur.*

* **COLAPHANITE.** *T. de minér.* Variété de grenat ferrico-calcaire; on écrit aussi *collaphanite* et *colophonite.*

COLARIN. *T. d'arch.* Petite frise du chapiteau des colonnes dorique et toscane.

COLBACK. *T. de cost.* Coiffure militaire, aujourd'hui abandonnée, qui consistait en un bonnet à poil en forme de cône renversé, orné, le plus souvent, d'un plumet et muni sur le côté d'une poche conique tombante, appelée *chausse.*

* **COLBERT,** contrôleur général des finances sous Louis XIV, est né à Reims le 29 août 1619 et mort à Paris le 6 septembre 1683. Recommandé, très jeune encore, à un banquier de Paris du nom de Lamagna, ami du cardinal Mazarin, il est remarqué par le puissant ministre. Grâce à sa protection, il entre dans les bureaux du contrôle général des finances, et obtient, le 6 décembre 1648, le titre de « Conseiller du Roy en ses conseils. » Il avait alors 29 ans et venait d'épouser Mlle Marie Charon, dont le père était également conseiller du roi en ses conseils. Le 10 janvier 1656, il est nommé conseiller d'Etat. Il avait 35 ans. Devenu, à la mort de Mazarin, surintendant des finances, il conçoit l'œuvre la plus considérable qu'ait jamais entreprise un ministre jouissant de la faveur du souverain. A cette époque, il ne restait plus trace de l'œuvre de Sully. L'ordre et l'économie étaient bannis depuis longtemps de la gestion des deniers de l'Etat ; agriculture, industrie et commerce dépérissaient rapidement. Colbert résolut de développer la puissance productive du pays, mais en commençant par réformer complètement le système financier de l'époque, surtout au point de vue de la nature et de la répartition des impôts. Son plan fut celui-ci : 1° diminuer les frais de perception pour amener dans les coffres de l'Etat la recette nette la plus forte possible ; 2° réduire la taille et les gabelles en les appliquant à tous sans privilège ; 3° augmenter le produit des impôts, sans en aggraver le poids, par le seul fait de l'essor donné à la richesse publique au moyen d'encouragements au commerce, à l'industrie et à l'agriculture ; 4° réduire le nombre des offices pour augmenter le nombre des professions actives et productives.

Nous ne mentionnerons ici que les mesures prises par l'éminent ministre pour relever l'industrie et le commerce.

Une des premières créations de Colbert, dans

cet ordre d'idées, est l'institution d'un conseil de commerce. Le roi présidait ce conseil tous les quinze jours, et prenait connaissance en personne des pétitions des commerçants et industriels sur leurs besoins. Le conseil discutait ensuite les moyens d'y donner satisfaction. Pour faciliter les travaux du conseil, la France fut divisée en trois zônes industrielles et commerciales, comprenant: la première, les provinces de Picardie, Normandie, Bretagne et Touraine; la seconde, le Poitou, la Saintonge, la Guyenne; la troisième, le Languedoc, la Provence et Lyon. Les principales villes maritimes, depuis Dunkerque jusqu'à Toulon, nommaient, chaque année, deux délégués au conseil. Sur ces délégués, Colbert choisissait trois marchands ou industriels, et les faisait rester, pendant un an, à la cour, pour porter à la connaissance du roi les besoins du commerce et de l'industrie et correspondre avec leurs confrères de la zône à laquelle ils appartenaient. On sait que cette création de Colbert a survécu, avec les modifications devenues nécessaires aux nombreuses modifications survenues dans notre régime industriel.

Dans la pensée de Colbert, le moyen le plus sûr de régénérer la production nationale devait consister à régler, en les diminuant, les droits perçus sur les marchandises. Conformément à cette pensée, un édit de septembre 1664 réduisit notablement les plus onéreux. Plus tard, il fit décréter l'uniformité des douanes à l'intérieur. Cette uniformité fut acceptée par un certain nombre de provinces que l'on désigna sous le nom des « cinq grosses fermes ». Celles qui refusèrent d'y adhérer (car la mesure n'était pas obligatoire) furent appelées « provinces étrangères », et, enfin, on donna le nom de « réputées étrangères » à celles qui, recevant en franchise les importations de l'étranger, ne durent acquitter les droits de douane que sur les importations de France.

Colbert autorisa le transit, en franchise de droits, des marchandises destinées à l'étranger. Par ses soins, on ouvrit des entrepôts dans les ports et les principales villes, pour recevoir, également en franchise de droits, les produits qui ne pouvaient pas être immédiatement expédiés ou livrés à la consommation intérieure.

Pour faciliter le commerce entre les diverses provinces, il créa de nouvelles routes, répara les anciennes, assura la sécurité des transports, et améliora ce qu'on appelait la grande poste. Marseille et Dunkerque furent déclarés ports francs et les travaux du canal du Languedoc commencés. A la même époque, Colbert projetait celui de Bourgogne, faisait décréter celui d'Orléans et construisait le port de Cette.

A ces diverses mesures il joignit des privilèges spéciaux pour la recherche et l'exploitation des mines, mais surtout des mines de fer et de houille. Il fut, en outre, le créateur des assurances maritimes, dont la célèbre ordonnance de 1681 devait plus tard perfectionner le mécanisme. Les droits de courtage qui pesaient lourdement sur le commerce furent réduits. Un règlement fixa le taux de l'intérêt commercial, qui donnait lieu à de très graves abus. Le nombre, véritablement excessif, des fêtes religieuses fut diminué; on a calculé qu'il rendit ainsi au travail 17 journées, naguère passées dans une oisiveté complète.

C'est à la suite de ces diverses réformes, que le grand ministre rédigea la fameuse ordonnance de 1673, qui est un véritable code de commerce. Parmi les encouragements directs qu'il prodigua à l'industrie, il faut citer les primes à la fabrication des soieries et des draps, à la culture des mûriers, à la fabrication des serges, des bas d'Angleterre, des armes blanches et à feu, des toiles de Hollande, des toiles à voile, à l'industrie métallurgique, à la fabrication des tapis, des dentelles, etc.

Ce que Colbert voulait, ce qui fut le but de toutes ses réformes commerciales, c'était que la France se suffît à elle-même, qu'elle vendît le plus possible et achetât le moins possible au dehors, afin d'attirer le numéraire étranger et de l'empêcher ensuite d'en sortir.

C'est à cette doctrine, qui est encore aujourd'hui celle des partisans de la protection du travail national par de hauts droits protecteurs, que l'on a donné le nom de *colbertisme*. — V. Commerce, Douanes. — A. L.

COLCOTAR ou **COLCOTHAR**. *T. de chim.* Peroxyde de fer provenant de la calcination du sulfate de fer. || *T. de minér.* Oxyde naturel de fer, de couleur rouge.

***COLD-CREAM** (Expression anglaise signifiant crême froide). Le cold-cream est employé dans la toilette pour adoucir la peau. C'est aussi un médicament qui prévient les gerçures et sèche les plaies légères. A ce titre il était employé par Galien, médecin de Pergame, il y a dix-sept cents ans. Chaque parfumeur a sa formule spéciale de préparation. La composition moyenne suivante donne un bon produit: huile d'amandes douces, 150 grammes; blanc de baleine, 35 grammes; cire blanche, 15 grammes; eau de roses, 30 grammes; eau de cologne, 8 grammes; teinture de benjoin, 1 gramme. On fait fondre dans l'huile, au bain-marie, la cire et le blanc de baleine; la matière fondue est triturée dans un mortier préalablement chauffé, jusqu'à complet refroidissement; on y verse alors, peu à peu, l'eau de roses et les autres liquides, en ayant soin d'agiter vivement jusqu'à ce que la masse redevienne homogène. Cette préparation, légèrement modifiée, donne divers cérats ne différant que par leurs noms.

***COLDORÉ** (Julien de Fontenay, dit), graveur en pierres fines, du XVI^e^ siècle. S'est rendu célèbre par de belles pièces qui rappellent les œuvres de l'antiquité et des portraits de son temps gravés avec une extrême finesse.

COLIFICHET. On donne d'abord ce nom à des petits ornements découpés dans du papier et collés ensuite sur du bois, du velours, etc. Plus tard, ce fut une broderie, faite à la soie plate sur du papier, dans laquelle les mêmes ornements apparaissaient ainsi des deux côtés. || Pâtisserie

légère faite sans beurre et sans sel, que l'on donne à manger aux petits oiseaux. || *T. de monn.* Petite machine employée par les ajusteurs ou les tailleresses pour écouaner les pièces de monnaie, c'est-à-dire leur donner le poids légal. || T. *techn.* Petite pièce du bâti d'un parquet. || Petite cale en terre cuite, appelée aussi pernette, patte de coq, servant à soutenir dans les cazettes les poteries sujettes à se ramollir pendant la cuisson. Les colifichets permettent ainsi d'économiser la place en superposant les différentes pièces. Les arêtes très aiguës ou les pointes très déliées des colifichets rendent les points de contact à peine sensibles.

* **COLIGNON** (François); graveur, né à Nancy, en 1621, mort en 1671, a laissé des paysages et des vues de monuments d'Italie qui l'ont classé parmi les meilleurs artistes du XVII^e^ siècle.

* **COLISMARDE.** *T. d'arm.* Epée de combat en usage sous Louis XIV, dont la lame était très effilée et taillée en carrelet. On disait aussi *colichemarde.*

* **COLISSE.** *T, de tiss.* Chacune des mailles entre lesquelles passent les fils de la chaîne d'un tissu.

COLLAGE. *T. techn.* Outre l'action de faire adhérer certains objets au moyen d'une colle, on donne ce nom: 1° en *pap.*, à une sorte d'apprêt du papier (V. plus loin l'article spécial); 2° en *tiss.*, (*a*) à l'opération que subissent les matières textiles avant le tissage; on dit ordinairement *encollage* lorsqu'il s'agit des fils de laine, et *parage* pour le collage des fils de coton, de lin ou de chanvre (V. ces deux mots); (*b*) à une mauvaise rattache des fils cassés. Dans la filature de la laine, quand un fil est cassé, on peut le rattacher, le métier fonctionnant, mais pour que la rattache soit imperceptible et solide, les deux extrémités à rattacher doivent être complètement détordues, afin que les fibres se trouvent complètement confondues et mariées entre elles; si le détordage est insuffisant au lieu d'un mariage des fibres, les deux extrémités réunies forment un bourrelet sans aucune consistance; et les fibres n'étant pas unies entre elles, ces deux bouts sont seulement appliqués l'un contre l'autre, soutenus par quelques spires de torsion, mais sans solidité aucune et cédant à la plus petite résistance; les fils n'ont pas été rattachés mais collés. On appelle aussi *collage*, dans les ateliers de filature, le doublage fait au métier à filer; comme ce travail se fait sans aucune torsion, les fils sont collés entre eux et non retords; 3° à la clarification du vin et autres liqueurs. Nous étudions ici les opérations du *collage des liquides* et du *collage du papier*.

COLLAGE DES LIQUIDES. *T. techn.* On donne le nom de *collage* à la clarification que l'on fait subir aux liquides alimentaires (boissons, vinaigres, liqueurs, etc.), en y introduisant des substances solubles qui se coagulent au contact des principes constitutifs du liquide à clarifier, et entraînent, en se précipitant au fond du récipient, les matières insolubles qui se trouvaient en suspension. Une des substances les plus usitées pour cet usage est la gélatine, ou colle (de là le nom de *collage* employé d'une façon générale pour désigner la clarification des boissons, quel que soit le réactif adopté); mais on se sert aussi dans le même but de sang frais ou desséché, de blancs d'œufs, d'œufs tout entiers, d'albumine desséchée provenant du sang ou des œufs, de différentes sortes de gélatine et surtout de colle de poisson ou ichtyocolle; enfin de lait frais. Toutes ces substances agissent de la même manière: l'albumine, la gélatine ou la caséine se coagulent et entraînent les matières insolubles et une partie des matières colorantes solubles.

La théorie de la clarification et des réactions secondaires qui l'accompagnent toujours, a été donnée à *clarification* (V. ce mot). Quant aux recettes spéciales à appliquer aux différents liquides, elles sont décrites aux articles spéciaux : Bière, Cidre, etc.

Poudres pour collage, poudres clarifiantes. On trouve dans le commerce des poudres dites clarifiantes, dont l'usage se répand de plus en plus chez les négociants en vins et chez les particuliers. Les unes sont rouges et constituées par du sang desséché et pulvérisé : elles doivent être rejetées, car l'albumine est presque toute passée à l'état insoluble, et elles communiquent une odeur infecte aux boissons dans lesquelles on les introduit. Mais depuis quelques années on est parvenu à préparer de l'albumine en poudre sèche et blanche presque totalement soluble dans l'eau. Le mode de préparation de ces poudres est tenu secret, mais elles peuvent être obtenues par un procédé analogue à celui qui sert à préparer les produits pharmaceutiques dits *en écailles* : la solution d'albumine est étendue sur des plaques de verre, ces plaques sont exposées dans un courant d'air raréfié et chauffé à 40 ou 50°. L'eau s'évapore rapidement et l'albumine sèche se détache facilement des plaques en lamelles ou écailles. Une partie de cette poudre équivaut à environ 8 fois son poids de blanc d'œuf.

COLLAGE DU PAPIER. Le papier tel qu'il est obtenu par le feutrage des fibres végétales, n'est pas imperméable à l'eau. Il est nécessaire, pour la plupart des usages auxquels il est destiné, de le rendre imperméable aussi bien à l'encre d'écriture qu'aux couleurs qui y sont appliquées. Le papier non collé est employé en égard de l'extrême avidité qu'il possède d'absorber les liquides par capillarité, comme papier buvard, copie de lettres, à filtrer, etc. Le papier non collé est employé également par l'imprimerie, la lithographie, parce qu'il est plus souple et plus poreux; il prend mieux l'encre d'imprimerie, qui, par sa consistance et sa composition, est moins exposée que ne l'est l'encre d'écriture à percer la feuille de papier.

Deux méthodes sont en usage: le *collage animal*, le plus anciennement usité, et le *collage végétal.*

Collage animal. Le collage animal, ou collage à la gélatine, est aussi ancien que la fabrication du papier au moyen de chiffons. Ce mode de collage est relativement peu employé depuis l'adoption des machines continues à fabriquer le papier, dont l'énorme production, surtout dans les sortes

courantes, serait entravée par les manipulations longues et coûteuses de ce procédé.

La colle désignée sous le nom de *colle animale* ou à la gélatine se prépare en faisant bouillir dans une chaudière divers déchets d'origine animale, tels que déchets de ganterie, peaux d'animaux, nerfs, tendons, etc. Le chauffage à la vapeur est préférable au chauffage à feu nu. Ce dernier mode de chauffage a l'inconvénient de brunir la colle en contact avec le fond de la chaudière, quand le contenu de celle-ci n'est pas soigneusement remué. Afin d'épuiser les matières soumises à la cuisson, on fait plusieurs extraits successifs qu'on mélange. La colle ainsi obtenue est filtrée; elle se prend en masse gélatineuse par refroidissement.

La colle est exposée à la putréfaction; il est recommandé de la tenir au frais pour la conserver; une petite quantité de carbonate de soude ou d'alun prévient la décomposition. On fait dissoudre la gélatine dans l'eau tiède au moment de son emploi. Dans la fabrication du papier à la main, les feuilles sont plongées dans la colle, puis retirées et placées en piles pour permettre à la solution de colle de les imprégner. On enlève ensuite l'excédent de gélatine en comprimant les piles dans une presse; les feuilles sont retirées et suspendues sur des étendoirs pour les faire sécher. Le collage à la gélatine, principalement employé dans la fabrication du papier à la main, est également usité dans cette fabrication au moyen de machines, surtout en Amérique et en Angleterre.

Le système américain, le plus simple, se rapproche beaucoup de celui décrit plus haut. Il consiste à faire passer le papier humide sortant des presses de la machine à papier sur un cylindre qui tourne dans une auge remplie de colle, l'excès de colle contenu dans la feuille est exprimé par le passage de celle-ci entre deux rouleaux légèrement pressés. Le papier est ensuite coupé en feuilles et séché dans un séchoir à air chaud, où il reste jusqu'à complète dessiccation. Souvent et plus récemment, on colle le papier à la sortie de la sècherie de la machine à papier, les autres opérations subséquentes restent les mêmes.

Dans le système anglais, le papier sortant de la machine à encoller passe autour d'une série de tambours, entourés de toile métallique; ces tambours sont munis intérieurement d'agitateurs à ailettes qui provoquent un fort courant d'air, l'air appelé est préalablement chauffé par son passage sur de gros tuyaux en fonte à circulation de vapeur placés au-dessous des tambours. Ce dernier système de collage nécessite une installation coûteuse, de plus la tension du papier nécessaire pour son cheminement autour des tambours empêche les fibres de conserver complètement leur entrelacement primitif et, par suite, enlève au tissu formé une partie de la solidité dont il est susceptible. Le rétrécissement transversal de la feuille exigé par le séchage est également contrarié par la tension dans le sens longitudinal.

Si, dans les opérations précédentes, malgré tous les soins apportés, on obtient un papier insuffisamment collé, on peut y remédier en humectant à nouveau le papier en feuilles et en le faisant sécher lentement. Il est bon d'ajouter une petite quantité d'alun à l'eau servant à l'humectage. Ce procédé, appelé *matrissage*, consiste à mettre le papier en piles d'une hauteur de 1 mètre à 1m,50. Ces piles sont composées de paquets de 30 à 40 feuilles séparées par des bandes de feutre légèrement humectées. Au bout de douze heures environ, on défait les piles et on les reforme pour les presser cette fois sans interposition de feutres. La colle se dissout à nouveau et se répartit plus uniformément à la surface de la feuille.

Après le collage et lors du séchage, l'eau qui se trouve dans l'intérieur de la feuille de papier, est amenée à la surface et s'évapore; cette eau entraîne avec elle la colle de l'intérieur vers l'extérieur et la dépose à la surface de la feuille; celle-ci est alors formée de trois couches distinctes : à l'intérieur une couche de papier, à l'extérieur deux couches de colle; de là vient que le papier collé à la gélatine s'imbibe par capillarité, aux endroits où la couche superficielle de colle est enlevée au moyen d'un grattoir ou autrement. De plus, ce mode de collage exigeant beaucoup de temps et de main-d'œuvre, on a cherché à lui substituer une autre méthode plus rapide et moins coûteuse.

Collage végétal. Dès 1806, les frères Illig et, plus tard, Canson frères, de Vidalon, Darcet, Braconnot, se sont occupés de remplacer l'ancien collage par le collage en pâte ou dans la pile. Leurs procédés ont souvent été modifiés; chaque fabricant se sert d'une recette pour la préparation de la colle et croit suivre la meilleure.

En principe, on prépare un savon résineux qui se décompose dans la pile par l'addition d'une certaine quantité d'alun. La préparation du savon résineux consiste dans une dissolution de résine dans un liquide alcalin; il est très important de dissoudre complètement la résine, car la résine non dissoute fondrait, lors de la fabrication, sur les cylindres sécheurs chauffés de la machine à papier et tacherait la feuille. La résine employée en papeterie est extraite des arbres de la famille des pins; la plus grande partie des résines provient de France (Landes) et d'Amérique.

Préparation du savon résineux. La méthode suivante donne de bons résultats: dans une chaudière à double enveloppe à circulation de vapeur ou simplement dans un cuveau en bois muni d'un tuyau de vapeur, on fait dissoudre 30 kilogrammes de carbonate de soude, on ajoute peu à peu à la solution bouillante 150 kilogrammes de résine finement pulvérisée, on agite continuellement jusqu'à complète dissolution de la résine, cette cuisson dure de trois à cinq heures. On emploie, suivant le papier que l'on fabrique, des résines plus ou moins pures, de nuances plus ou moins claires; la préparation du savon résineux exige quelques soins. Il faut éviter surtout que le contenu de la chaudière ne déborde, il a une ten-

dance à se répandre au dehors, boursoufflé qu'il est par le dégagement des bulles d'acide carbonique. En cas de boursoufflement trop brusque de la masse, on ajoute une petite quantité d'eau froide qui suffit pour le modérer.

Dès que la dissolution de la résine est complète, on transvase le contenu de la chaudière dans des récipients où le savon se prend en masse molle, et se recouvre bientôt d'un liquide noir que l'on décante; ce liquide contient une partie de la soude employée en excès et une partie de la matière colorante de la résine. Le savon résineux ainsi préparé se conserve longtemps; quand il est bien réussi, il doit s'étirer en fils minces sans casser et ne pas coller aux doigts quand on plonge la main dans le savon refroidi.

Pour employer le savon, on en prend une certaine quantité que l'on mélange avec environ 20 fois son poids d'eau, on chauffe ce mélange à 80° environ en agitant constamment. Il est avantageux de préparer une dissolution étendue, en ayant soin toutefois d'ajouter toujours la même quantité d'eau à une quantité donnée de savon, afin de connaître exactement la quantité de résine contenue dans un volume déterminé de liquide, ce dernier doit être, avant emploi, passé dans un tamis fin, pour les sortes supérieures de papier, on filtre la dissolution à travers un sac en flanelle ou à travers des éponges.

On ajoute généralement une certaine quantité de fécule au savon résineux, poids égal de la résine et souvent plus, la fécule ne contribue pas à proprement parler au collage du papier; elle blanchit le savon résineux, surtout celui préparé avec des résines ordinaires. La fécule cuite avec la dissolution l'épaissit et contribue à l'obtention d'un collage égal, en retardant par sa présence la réaction des agents chimiques qui interviennent jusqu'à ce qu'ils soient également répartis dans la masse de la pâte.

Connaissant la capacité des réservoirs et le titrage de la solution du savon résineux, il est facile de déterminer la quantité de résine à employer. Celle-ci est différente suivant la composition des eaux de fabrication, la nature de la pâte employée, le séchage du papier et son épaisseur: plus l'eau de fabrication est chimiquement pure plus la pâte est grasse, plus le papier sèche lentement et moins il faut de colle pour le rendre imperméable.

La quantité d'alun varie également suivant la nature des eaux. On emploie généralement de 4 à 6 kilogrammes de résine et autant d'alun pour coller 100 kilogrammes de papier. L'alun est une combinaison de sulfate d'alumine avec un sulfate alcalin; le sulfate d'alumine en papeterie comme en teinture est l'élément actif de l'alun, aussi se sert-on beaucoup du sulfate d'alumine dont l'emploi est plus avantageux que celui de l'alun. Si on mêle à la pâte à papier une solution étendue de savon résineux (résinate de soude) et qu'on y ajoute une solution d'alun ou de sulfate d'alumine, il se forme un précipité insoluble, c'est ce précipité de résinate d'alumine qui, à l'état naissant, se dépose et entoure avidement les fibres de la pâte, qui constitue la colle à la résine ou végétale.

Une pâte de papier collée de cette façon est collée dans toute sa masse, puisque chaque fibre est entourée de résinate d'alumine.

Quoique le collage à la résine soit facile à appliquer, il a cependant ses difficultés; il donne quelquefois des résultats peu satisfaisants pour des causes imprévues et souvent difficiles à découvrir. A-t-on cherché vainement la cause d'un collage défectueux; a-t-on fait varier les proportions de résine, de soude et d'alun, sans obtenir le résultat cherché, on a recours au matrissage cité plus haut et qui améliore toujours un collage défectueux. — L.

***COLLARDEAU DU HEAULME** (Charles-Félix), mécanicien, né en 1796, mort en 1869. Ancien élève de l'Ecole polytechnique, il a porté à un remarquable degré de perfection un grand nombre des instruments de précision sortis des ateliers de la fabrique qu'il a fondée.

***COLLAS** (Achille), industriel, né à Paris le 24 février 1795, mort dans la même ville le 6 juin 1859. Il étudia l'art du mécanicien chez un fabricant d'outils d'horlogerie, servit dans l'armée à la fin de l'Empire, puis créa une petite fabrique d'outils de quincaillerie, au commencement de la Restauration.

Ses ingénieuses recherches le conduisirent à inventer les machines à faire des agrafes (1822), à graver les teintes en taille-douce (1825), à graver les poinçons pour boutons irisés (1826), à guillocher les cylindres pour l'impression des indiennes (1828). Collas, en cherchant à reproduire les nuages avec sa machine à graver, réussit à utiliser ce procédé pour graver les médailles. Son *Trésor de la numismatique* (1831-1836, in-4°) renferme des planches de médailles remarquables. L'invention capitale de Collas, datant de 1836, est sa *machine à réduction* (V. Réducteur) qui devait rendre de si grands services à la sculpture en permettant de reproduire à une moindre échelle et avec une exactitude mathématique les chefs-d'œuvre anciens et modernes. La première réduction fut celle de la *Vénus de Milo*. Collas s'associa avec Barbedienne et en 1851, à l'exposition universelle de Londres, une médaille supérieure fut la récompense attribuée à leurs produits. Collas se livra encore à de nouvelles recherches sur l'emploi de la terre plastique dans le moulage, de la gélatine pour les types d'imprimerie, etc.; enfin, il a construit un appareil analogue à son réducteur, permettant d'amplifier ou de réduire des dessins, ornements et caractères sur les matières les plus dures.

COLLE. Les colles sont des matières dont l'usage est assez connu pour qu'il soit inutile d'insister beaucoup sur ce sujet. Elles servent à réunir entre elles des matières de toutes espèces; les relieurs, les colleurs de papier, les menuisiers, les ébénistes en font un usage constant. Elles servent encore à préparer les chaînes de tissus pour le tissage. Les peintres les emploient dans la composition des peintures. Enfin certaines colles

sont employées dans la préparation de produits alimentaires et pour la clarification des bières, sirops, etc. On peut distinguer, dans les colles, trois catégories : les *colles de matières végétales*, les *colles de matières animales* et les *matières diverses ou compositions collantes*.

COLLES DE MATIÈRES VÉGÉTALES.

Les colles végétales, dont le type le plus connu est la colle de pâte, se fabriquent toutes avec des matières amylacées. On sait que l'amidon, mis en présence de 15 fois son poids d'eau à la température de 75°, s'exfolie, en se gonflant d'abord, puis se brise ensuite, et forme alors une masse pâteuse, désignée sous le nom d'*empois*. Au delà de 75° et vers 150°, l'amidon se transforme en dextrine, la colle prend un aspect gommeux, on l'emploie alors pour l'encollage des chaînes de tissus, des bandages, etc.

On distingue dans ces colles, celles faites avec des farines ordinaires, ou avec de l'amidon pur. On y ajoute quelquefois divers ingrédients pour en faciliter l'emploi et la conservation.

Colle de pâte. Cette colle, la plus répandue et la plus usitée, se prépare d'une façon très simple, à l'aide de farines ordinaires plus ou moins belles. On délaie la farine avec un peu d'eau bouillante pour bien humecter tous les grumeaux, on augmente peu à peu la proportion d'eau, de manière à former un lait clair, qu'on verse dans une chaudière et chauffe jusqu'à 75°, en remuant sans cesse pour éviter que la colle n'adhère au fond du vase, inconvénient qu'on peut d'ailleurs éviter en pratiquant la cuisson au bain-marie par la vapeur. Le liquide s'épaissit, et après un bouillon de quelques minutes, on le retire du feu et le transvase dans des baquets, où il se prend en gelée tremblante. Pour s'en servir, il n'y a plus qu'à délayer la colle dans une proportion variable d'eau, suivant la consistance plus ou moins épaisse qu'on a besoin de lui donner.

Les colles d'amidon pur sont plus fines que les précédentes, on les additionne généralement avec un peu d'alun, pour en assurer la conservation.

Les fécules de froment, de seigle, de marron d'Inde, de pomme de terre, de riz, de sagou, d'arow-root, de manioc, etc., peuvent être employées à la fabrication de la colle.

Colle pour tissage. Les fils de chaîne destinés à être tissés doivent être préalablement enduits d'une colle qui en couche le duvet, en rende la surface lisse et nette, et qui leur donne en même temps la consistance voulue pour supporter le travail du tissage.

La colle primitivement employée par les tisseurs à bras était composée de farine, de suif, de savon, mélangés dans des proportions différentes. Depuis, il est peu de substances qui n'aient été essayées et préconisées dans ce but : le tapioca, le manioc, le sagou, le kaolin, la craie, additionnés d'albumine, de gluten, de mélasse, de gomme sénégal, de colle animale, de savon vert, de sel, de terre de pipe, de cire, etc., mais la substance la plus généralement employée aujourd'hui et qui forme la base de la colle la plus avantageuse, c'est la fécule de pomme de terre.

La fécule de pomme de terre est préférable à l'amidon et surtout à la farine ; elle rend la colle plus blanche et plus forte ; on y ajoute différentes matières telles que du léiogomme (fécule grillée). de la gommeline, du sulfate de cuivre ou de zinc, ou encore des chlorures de magnésie et de zinc qui ont pour effet de rendre la colle plus prompte à sécher et moins susceptible de se coaguler et de se décomposer, tant à l'état de colle qu'après le tissage, en produisant des moisissures sur le tissu.

Voici quelques recettes de colle d'un emploi courant pour les fils de coton.

Eau		700 litres.
Fécule	kil.	100
Suif	kil.	4.500
Savon vert	—	3
Sulfate de zinc ou de cuivre	—	0.500

Eau		700 litres.
Farine de blé	kil.	100
Suif	—	8

Eau		700 litres.
Fécule	kil.	100
Léiogomme	—	5
Savon vert	—	4
Suif	—	5

Eau		700 litres.
Fécule	kil.	100
Cristaux de soude	—	4
Suif	—	8

Pour l'encollage de fils blanchis on emploie avec succès la colle suivante :

Fécule	kil.	16
Sulfate de zinc	—	0.200
Suif	—	0.150
Cire jaune	—	0.100
Glycérine blonde	—	0.250
Eau		100 litres.

La colle employée pour la laine n'est autre chose qu'une dissolution de gélatine plus ou moins étendue d'eau, selon les articles. Pour préparer cette colle, on met la gélatine (environ 15 kilogrammes pour 40 ou 50 litres d'eau) dans une chaudière à double fond, et on la fait fondre dans de l'eau chauffée au bain-marie. On verse la dissolution dans la bâche de l'encolleuse et on y ajoute une quantité d'eau telle qu'elle indique 10 1/2° ou 11 1/2 au pèse-acide, selon que l'article doit être plus ou moins fort.

La colle employée pour le lin est de même que pour le coton à base de fécule de pomme de terre; on y ajoute également du suif, de la glycérine, du savon, matières qui ont pour but de rendre le fil plus lisse, plus doux et moins cassant au tissage.

Un des points les plus importants d'où dépend la perfection de l'encollage, c'est la cuisson de la colle ; une colle faite avec de bonne fécule est bien cuite lorsqu'elle est claire, limpide et transparente.

On alimente souvent les encolleuses avec le mélange de colle non cuite ; mais pour que la colle

reste homogène, il est nécessaire qu'on verse fréquemment du mélange et peu à la fois. Pour assurer la régularité de l'encollage, on a cherché à alimenter l'auge automatiquement, c'est-à-dire à faire arriver la colle nouvelle au fur et à mesure qu'elle est emportée par le fil et à cuire préalablement la colle qu'on y introduit; on a imaginé à cet effet plusieurs appareils, dont un surtout est très répandu en Angleterre. Le mélange préparé à l'avance est refoulé par une pompe au travers d'un serpentin renfermé à l'intérieur d'une chaudière en fonte remplie de vapeur qui cuit la colle ; celle-ci est amenée dans l'auge de l'encolleuse par un tube et un robinet règle l'alimentation ; le surplus du mélange refoulé par la pompe retourne dans la bâche par un siphon placé avant le serpentin ; quoique le serpentin soit susceptible de se déformer, ce mode de cuisson est avantageux et cet appareil rend de grands services.

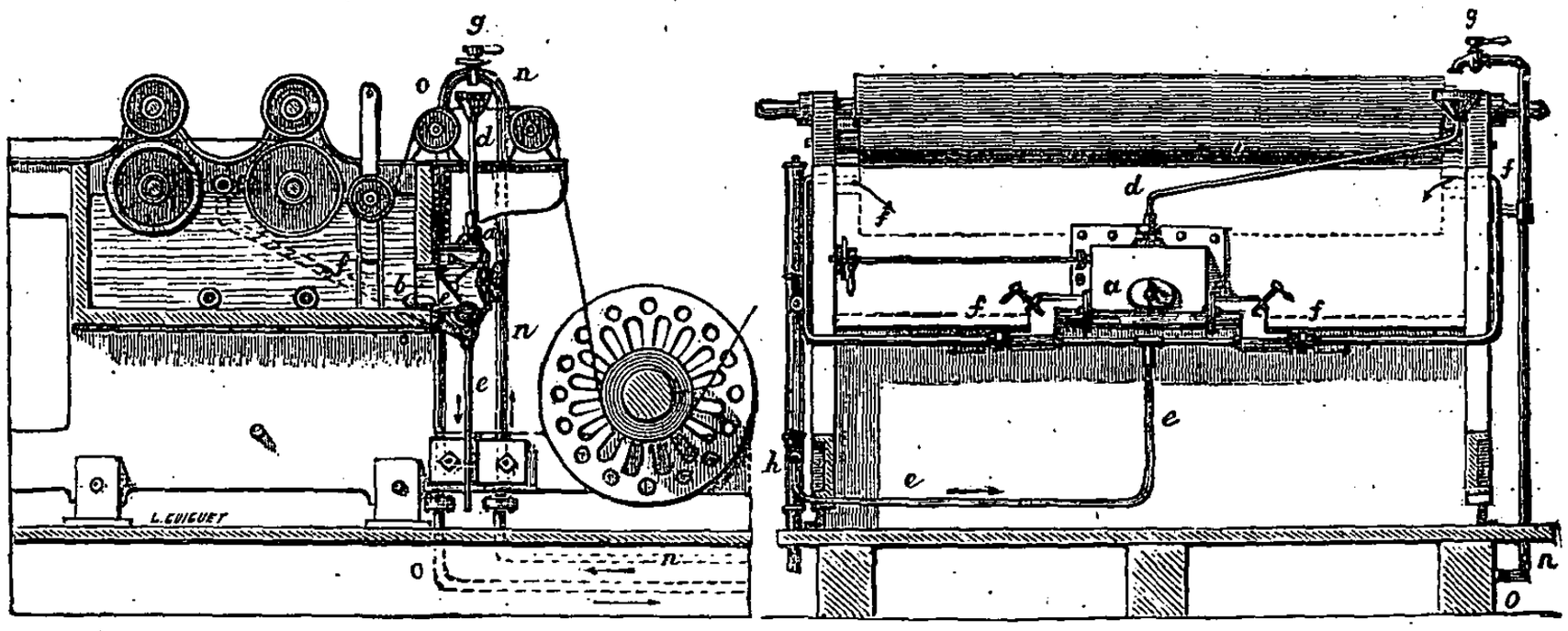


Fig. 393.

est également en communication avec l'appareil d'alimentation par le tuyau *o*. On fait bouillir le parement resté dans l'auge au moyen de la vapeur amenée par des tuyaux placés au fond de celle-ci à la manière ordinaire (V. ENCOLLEUSE). On ouvre ensuite le clapet *c* et le robinet d'arrivée de vapeur, de manière à produire, par l'injection de la vapeur dans l'appareil *a*, un courant de colle de l'auge qui se divise en *f f*. — Lorsqu'on veut alimenter, on fait marcher la pompe, qui aspire le mélange de la cuve et le refoule jusqu'au robinet *g* par le tuyau *n n*. On ouvre le robinet *g* de la quantité nécessaire et la colle pénètre dans l'appareil *a* par le tuyau *d*; la nouvelle colle est cuite dans cet appareil avant son introduction dans l'auge; le surplus du mélange refoulé par la pompe retourne dans la cuve par le tuyau *o o*. Le réglage de l'alimentation par le robinet *g* s'obtient facilement par une expérience de quelques jours de marche. A la fin du travail, on ferme le robinet *g*, puis le clapet *e* et on laisse *h* ouvert pendant une minute environ, pour purger par la vapeur l'intérieur de l'appareil ; avant d'arrêter la pompe, on ferme le robinet de communication avec la cuve et, au moyen d'un tuyau de prise d'air, on refoule de l'air dans les tuyaux *n, n, o, o*,

On doit à M. Eug. Döllander, manufacturier d'Alsace, fort connu dans l'industrie pour ses travaux et ses créations sur l'encollage, un appareil très ingénieux, qui s'est promptement répandu, tant en Angleterre qu'en France, et qui présente sur le précédent plusieurs avantages marqués, tant sous le rapport de l'économie de construction, d'entretien et de force motrice, que sous le rapport de la régularité de l'alimentation et de l'encollage, de la facilité du réglage et de l'homogénéité de la colle fournie à l'encolleuse. Nous donnerons une courte description de cet appareil, représenté figure 393 en coupe longitudinale, et en élévation de face.

Le mélange d'eau et de fécule se fait dans une cuve spéciale, où des agitateurs le maintiennent toujours bien homogène et empêchent les dépôts de fécule. La cuve est munie d'une pompe aspirante, actionnée par la transmission et qui refoule le mélange dans l'appareil par le tuyau *n* ; la cuve pour en chasser le mélange de fécule, qui y produirait des dépôts.

Ainsi que le montre l'examen du fonctionnement de cet appareil, le principe ingénieux qui le caractérise consiste à prélever continuellement une certaine quantité de colle dans l'auge pour l'envoyer dans l'appareil, où elle est mélangée avec la colle fraîche, laquelle est cuite avant son introduction dans la bâche. Le courant qui s'établit ainsi rend très homogène la colle destinée à imprégner les fils. Par le réglage du robinet g, on arrive à maintenir un niveau constant de la colle dans l'auge. — V. PAREMENT, ENCOLLEUSE.

COLLES DE MATIÈRES ANIMALES

Ces colles, généralement désignées sous le nom de *colles fortes*, sauf la variété particulière de la *colle de poisson* ou *Ichtyocolle*, jouent un rôle très important dans les arts. L'ébénisterie, la menuiserie, la reliure, le cartonnage, la chapellerie, la peinture, la fabrication des papiers peints, de la bière, etc., en font un grand emploi ; aussi leur fabrication a-t-elle donné lieu à une industrie spéciale.

Colle forte. Lorsqu'on soumet les tissus des animaux, tels que peaux, cartilages, etc., à l'ac-

tion de l'eau bouillante ; on en extrait une série de substances diverses, parmi lesquelles on distingue principalement la gélatine, qui jouissent de la propriété de prendre en une gelée par le refroidissement. On fabriquait depuis longtemps des colles fortes par ce procédé, quand on eut l'idée de soumettre les os à un traitement analogue pour en extraire la gélatine, ce qui donna lieu à une nouvelle espèce de colle forte.

Enfin certaines parties des tissus des poissons, servent à fabriquer l'ichtyocolle réservée pour des usages spéciaux. Nous étudierons particulièrement chacune de ces fabrications, mais tout d'abord nous parlerons des matières premières que l'industrie emploie à cet usage, et des propriétés générales des colles.

Les débris divers que l'on emploie, sont désignés dans le commerce, sous le nom de *colles-matières fraîches*, au sortir des abattoirs, et de *colles matières*, après une préparation préliminaire pour en assurer la conservation et en faciliter le transport.

Les principales colles matières sont : *les rognures*, composées des déchets recueillis dans les tanneries, et retirées des peaux avant le travail du tannage ; *les vermicelles*, formés des peaux de lièvre, de lapin, de rat, coupées en lanières, après qu'on en a détaché les poils ; *les Buenos-Ayres*, ou rognures des peaux étrangères envoyées à tanner en France ; *les patins*, composés d'abats divers, en particulier des tendons des jambes de bœufs et de chevaux ; *les rognures* de parchemin et de peaux d'âne ; *les brochettes*, qui comprennent les pellicules enlevées sur les peaux, dans le travail de la mégisserie, et en général tous les débris ou déchets de peaux préparées ; *les surons d'indigo*, ou débris d'emballage des balles de cette matière.

La préparation préliminaire consiste à les passer à la chaux dans des fosses, puis à les faire sècher à l'air.

Nous grouperons les diverses variétés commerciales d'après leur mode d'extraction et leurs qualités, suivant une classification établie par M. Dumas.

1° *Colles fortes extraites des os par les actions des acides*, colles de première qualité, tant au point de vue de leurs propriétés adhésives, que de leur blancheur et transparence, condition indispensable quelquefois, quand elles servent à certaines opérations sur les matières alimentaires. Ce sont les colles de Rouen avec la variété dite Grenetine et de Bouxvillers.

2° *Colles extraites des peaux d'animaux sauvages*, qui sont encore de bonne qualité, plus ou moins colorées, et d'un usage général. Ce sont les colles dites, de Flandre, de Hollande, les colles anglaises, et de Givet.

3° *Colles extraites des peaux d'animaux domestiques*, inférieures aux précédentes, offrant des propriétés adhésives faibles. Ce sont les colles d'Alsace, d'Allemagne et de Paris. On peut y faire rentrer les colles au baquet réservées à l'industrie de la peinture.

4° *Colles extraites des os par l'action de la vapeur*, qui sont les plus mauvaises, à cause de leur solubilité dans l'eau froide. Nous mentionnerons pour compléter cette nomenclature, quelques produits, qui bien que provenant des catégories précédentes, sont souvent classés à part à cause d'un usage spécial. La colle de parchemin préparée avec des rognures de parchemin et de vélin, pour l'industrie des fleurs artificielles. La colle de peau ou collette, fabriquée avec les rognures de peau de chevreau, très employée par les doreurs sur cadre, les fabricants de carton pâte, etc.

La colle forte liquide et la colle à bouche, qui ne sont que des produits auxiliaires, préparés avec les précédents, enfin la colle de poisson.

Essais des colles fortes. Les qualités d'une colle forte peuvent déjà s'estimer par ses caractères physiques.

Une bonne colle doit être peu colorée, ne pas absorber l'humidité de l'air ni s'amollir, elle est généralement transparente, bien que ce dernier caractère ne soit pas indispensable, car il y a de très bonnes colles opaques. En tous cas, elle ne doit pas présenter de taches internes, la cassure doit être franche, sans apparence esquilleuse. A ces caractères physiques viennent s'en ajouter d'autres, qui nécessitent un essai pour les découvrir.

Une bonne colle plongée dans l'eau froide se gonfle, sans se dissoudre ; mais se dissout au contraire dans l'eau bouillante, sans laisser de résidu. Enfin, on peut chercher à estimer sa force adhésive. On a proposé pour faire ces essais deux méthodes, l'une mécanique, l'autre chimique.

La première consiste à réunir deux morceaux de bois avec la colle à essayer et à chercher quel est le poids nécessaire pour les séparer. Cette méthode en apparence si simple ne donne que des résultats imparfaits, ou tout au moins, qui ne peuvent être interprêtés d'une façon générale, à cause de l'impossibilité d'essayer toutes les colles sur des échantillons de bois identiques. De plus, on a reconnu que la résistance, offerte par une bonne colle, est supérieure à celle même du bois ; de sorte que c'est le bois qui cède le premier, et qu'on ne peut plus avoir le degré de tenacité de la colle.

La méthode chimique semble, au contraire, devoir donner des résultats plus certains, et surtout facilement comparables. La qualité d'une colle résultant de la proportion de gélatine pure qu'elle renferme, il s'agit de pouvoir doser cette proportion. Divers procédés ont été proposés :

Essai avec une solution titrée de tannin, à une partie de tannin pour vingt d'eau, à l'aide de laquelle on précipite la gélatine d'un poids donné de colle desséchée à 120°. La difficulté du procédé réside dans la dessiccation du précipité. Essai comparatif à l'aide du tannin par rapport à une solution normale de colle de poisson. On ajoute 20 gr. d'alun pour 10 grammes de chacune des colles dissoutes dans un litre d'eau.

Essai par une solution titrée de nitrate de bioxyde de mercure acidulé à l'acide azotique.

1° *Colle forte extraite des matières gélatineuses*. Les colles matières livrées aux fabriques de colle forte, sont généralement soumises à un second traitement par la chaux, afin de favoriser la dissolution de la gélatine, l'extraction des matières grasses,

de faire gonfler les matières, pour les débarrasser plus complètement ensuite par des lavages des matières solubles et de l'excès de chaux qu'elles renferment. On a proposé pour ce second chaulage, d'additionner le lait de chaux avec de la soude caustique, ou de le remplacer par une immersion de quelques heures dans les fosses de tannage. La colle dite de Cologne, devrait ses qualités adhésives et sa blancheur, à une opération supplémentaire, à un passage dans un bain de chlorure de chaux.

La fabrication de la colle comprend les opérations suivantes : cuisson de la solution gélatineuse ; clarification des colles ; entonnage et moulage des colles ; dessiccation et mise en filets ; lustrage de la colle.

La cuisson de la solution gélatineuse s'opère dans l'appareil représenté figure 394.

A chaudière à fond bombé et à double fond, chauffée par le foyer B, remplie des colles matières, alimentée par la chaudière C, chauffée par les gaz perdus du foyer B. Un robinet placé entre les fonds sert à faire écouler la solution gélatineuse dans une troisième chaudière D, où on en fait la concentration. Il faut conduire le feu, pour opérer rapidement sans cependant altérer la solution gélatineuse.

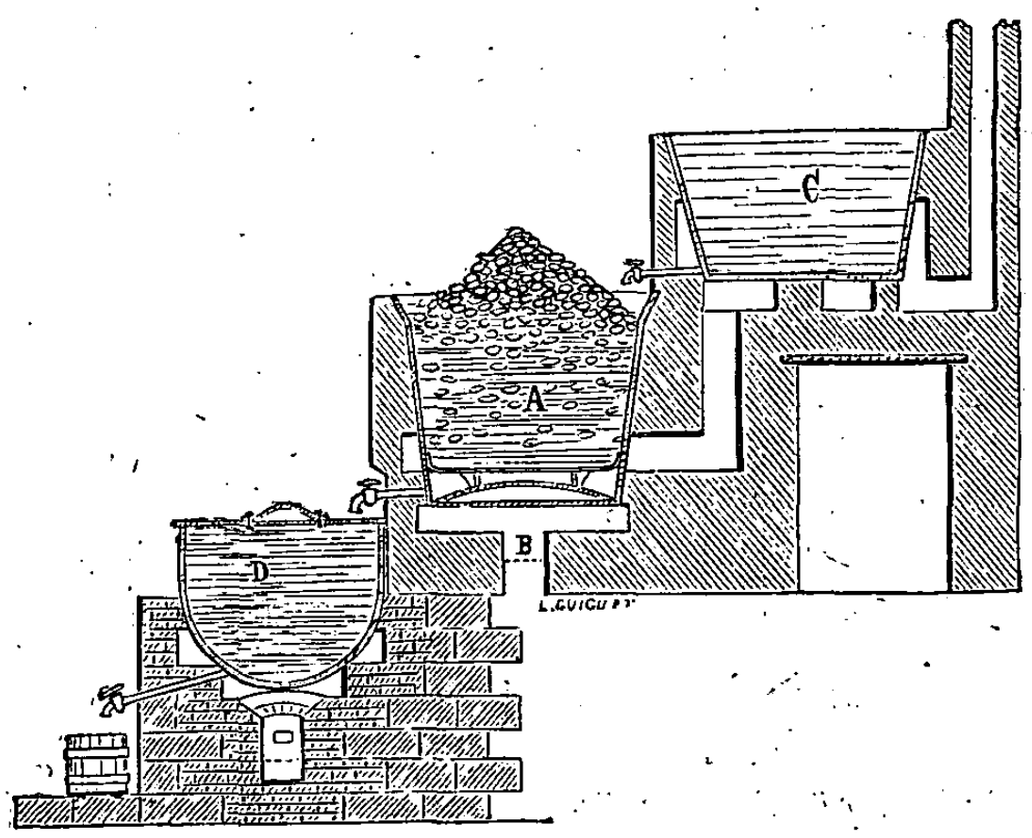


Fig. 394. — *Appareil pour la cuisson de la solution gélatineuse.*

Comme il est prouvé que la gélatine exposée longtemps à la chaleur, se détériore, devient soluble dans l'eau froide, et ne peut plus donner alors qu'une colle inférieure, et que cependant il faut traiter les matières pendant un temps suffisant pour l'épuisement de la totalité des matières gélatineuses, on comprend que la conduite de l'opération influe considérablement sur les qualités des produits, qui peuvent être fractionnés en plusieurs sortes.

On suit deux méthodes dans ce traitement. Dans la première, qui donne les produits les plus tenaces et de meilleure qualité, on soustrait, par des soutirages successifs, la gélatine dissoute à l'action de la chaleur.

Une même cuvée donne lieu à trois productions de solution. Les deux premières se clarifient d'elles-mêmes, et fournissent les bonnes *colles de Flandre*, la troisième beaucoup moins riche, doit être concentrée et clarifiée à l'alun, elle donne une colle de moins bonne qualité. On ajoute à la troisième cuite, les liquides obtenus en pressant les colles matières retirées de la chaudière. Les colles provenant des deux premières cuites, ne diffèrent guère que par la coloration, plus foncée pour celle de la deuxième.

Dans la seconde méthode, on poursuit la cuite jusqu'à l'épuisement complet des colles matières. La colle ainsi obtenue, dite *de Givet* et *colle anglaise* est très colorée et inférieure à la précédente. Il faut la clarifier.

Ce procédé, appliqué au traitement de colles matières spéciales, telles que les tendons, les abats et autres parties charnues, donne une colle inférieure, très brune, toujours molle, dite *colle de Paris* ou *des chapeliers*, parce qu'eux seuls en font usage. L'ébullition prolongée à laquelle elle a été soumise, altère ses qualités et la rend très hygrométrique.

Enfin il existe une autre variété de colle, dite *colle au baquet*, qui sert dans la peinture en détrempe, et qui se prépare avec les rognures de peaux, de vieux gants, etc., toutes matières faciles à fondre, qu'on fait cuire dans un volume double d'eau par rapport aux procédés précédents, en ayant le soin de les enfermer dans un sac en toile métallique. Il existe encore deux qualités de cette colle, obtenues en fractionnant les produits.

Lorsque la colle est soutirée dans la troisième chaudière, on en prend un peu entre deux lames de verre, et examine si au bout d'un certain temps de repos, elle s'est clarifiée naturellement, sinon il faut procéder à cette opération. L'agent de clarification dépend de la nature de la colle. Si celle-ci est alcaline, il faut employer un sel acide, l'alun. Si elle est neutre c'est l'albumine. L'alun est employé à la dose d'environ 50 grammes par hectolitre de colle, ajouté dans la dissolution bouillante. On agite la masse et laisse reposer 5 ou 6 heures avant de décanter. La clarification par l'albumine est plus difficile, parce qu'elle exige plus de fluidité dans la colle. Les cuves où s'opère la clarification sont généralement en bois, chauffées extérieurement à l'eau chaude et sur les parois verticales seulement.

Le moulage des colles se fait toujours de la même manière, quel que soit le produit employé. Les moules sont en bois de sapin bien joints, un peu en dépouille, les parois sont lisses ou striées à la volonté des fabricants. Ils doivent être toujours tenus dans un état de propreté irréprochable, afin d'éviter toutes les causes de fer-

mentation. L'atelier de moulage, appelé *rafraîchissoir*, doit être distinct de celui de la cuisson, afin d'y maintenir toujours une température fraîche. Il est dallé en pierres, afin que l'on puisse recueillir les parties de gélatine épanchées au dehors, sans qu'elles aient pu être souillées. Le remplissage des moules se fait avec un entonnoir de forme appropriée, pourvu au fond d'un tamis en crin, pour retenir les particules solides, qui peuvent rester en suspension dans la colle.

La prise dans les moules demande environ de douze à dix-huit heures, suivant le degré de fraîcheur du rafraîchissoir; on peut la hâter en faisant baigner les moules dans des cuves d'eau froide.

Les pains de colle, suffisamment raffermis, sont portés au séchoir, analogue aux séchoirs à linge des blanchisseuses. Il faut pour démouler facilement, passer un couteau en bois entre les parois et le pain.

Le découpage des pains se fait avec une petite scie à lame de cuivre, pour le faciliter on peut placer le pain dans une sorte de boîte incom-

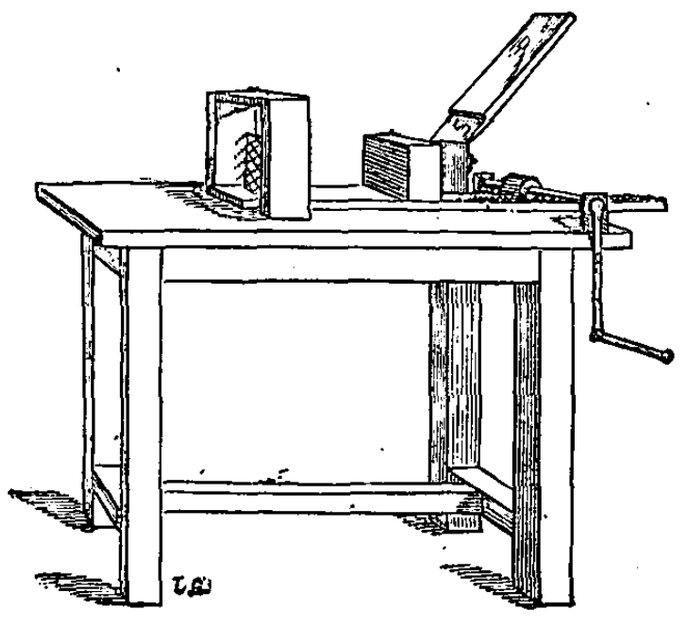


Fig. 395. — *Machine à découper les pains de colle.*

plète, dont les parois verticales portent des rainures qui servent de guide à la scie pour régler l'épaisseur des feuillets.

Dans les colles de bonne qualité on retranche d'abord sur le dessus du pain, une feuille mince, qui renferme quelquefois un peu de graisse ou des poussières adhérentes.

Il a été inventé de nombreuses machines, pour découper rapidement les pains. En voici une due à M. Detoulx et qui donne de bons résultats (fig. 395). Le pain de colle est placé dans une sorte de chariot, qui se déploie sur une table dans un cadre fixe, à l'aide d'une crémaillère mise en mouvement par un pignon et une manivelle. Ce cadre est garni d'une série de fils de cuivre convenablement espacés qui découpent le pain en bandes, opération qui s'exécute facilement malgré la résistance qu'oppose la colle, parce qu'elle se trouve alors maintenue sur toutes ses faces. On peut en pratiquant des rainures dans les deux faces du chariot, et en employant un second système de fils sur l'autre face du cadre fixe, découper le pain non seulement en tranches horizontales, mais également aussi et à la fois, en tranches verticales. Les feuilles minces sont mises à sécher sur des filets, tendues sur des châssis; c'est de là que vient cette apparence de stries que présentent les tablettes. Il faut retourner plusieurs fois les tablettes sur le châssis.

La dessiccation complète de la colle forte est une des parties les plus chanceuses de sa fabrication. L'état de l'atmosphère joue un grand rôle, soit pour la retarder, ou même pour faire ramollir la colle et la faire couler, ou bien pour la faire tourner s'il y a de forts orages, et enfin la faire fendiller si la dessiccation est trop prompte.

Pour parer à ces divers inconvénients, on installe aujourd'hui les séchoirs de la façon suivante. Les parois sont pleines, la ventilation s'obtient à l'aide d'ouvertures pratiquées dans le plancher et le toit, munies de tirettes; enfin un chauffage à la vapeur, ou à circulation d'eau chaude permet d'opérer en toute saison.

La colle au sortir de l'étuve a un aspect terne et se recouvre au séchoir d'une poussière blanche. Avant de la livrer au commerce, on lui donne un lustre, avec une brosse, en la trempant dans l'eau tiède, puis la repassant 24 heures au séchoir. La colle doit être conservée dans un lieu bien sec, et ne doit être emballée qu'après dessiccation complète.

2° *Colle forte fabriquée avec les os.* Les os contiennent des proportions assez considérables de gélatine. La quantité de colle que peuvent produire les os est très variable, elle dépend à la fois et de l'espèce et de l'âge de l'animal qui fournit la matière première.

Voici le nom des principales matières employées dans cette fabrication, classées d'après leur valeur au point de vue de la blancheur de la gélatine extraite : déchets de la fabrication des boutons d'os, os de la tête des bœufs et cornillons ou os qui garnissent l'intérieur des cornes, têtes de cheval, têtes de mouton, parties osseuses diverses des bœufs, chevaux et moutons.

Il existe deux procédés différents de fabrication de la colle forte extraite des os : soit en traitant les os par les acides, qui est dû à d'Arcet; soit en les soumettant, en vases clos, à l'action de la vapeur à haute pression, procédé qui fut découvert, à l'origine, par Papin.

Les os, préalablement lavés et dégraissés, quelquefois concassés, sont disposés dans des corbeilles de vannerie, plongées à mi-hauteur dans des bains d'acide chlorhydrique marquant 7° à l'aréomètre de Baumé. On emploie 40 litres de bain pour 10 kilogrammes d'os. Il faut opérer à froid, même à l'abri du soleil et ne pas trop acidifier le bain, sous peine de dissoudre une partie de la matière animale. On prolonge cette macération jusqu'au ramollissement complet des os. Un même bain acide peut traiter plusieurs séries d'os, et l'on opère alors par passages successifs dans un vieux bain, puis dans un bain neuf, mais très faible.

Les corbeilles sont mises à égoutter, puis lavées à l'eau courante, ou passées d'abord dans un lait de chaux, procédé le plus efficace pour saturer les acides. Si l'on soumet immédiatement ces matières

à l'action de l'eau bouillante on en retirera facilement la colle. Lorsque ce traitement est différé, on les met à sècher et les trempe dans une solution de gélatine, pour y déposer une sorte de vernis protecteur.

On peut compter d'une façon générale que 100 kilogrammes d'os rendent 25 à 27 kilogrammes de matière organisée fournissant, à son tour, de 22 à 24 0/0 de gélatine.

Le blanchiment des matières ainsi obtenues, s'il était nécessaire, s'obtiendrait par l'action du gaz sulfureux. A côté de ce procédé général, il en est quelques autres différents par la nature de l'agent employé, que nous ne ferons que mentionner.

On peut d'abord adjoindre avec avantage la fabrication de la colle d'os dans les fabriques de soude, en faisant agir sur les os les vapeurs acides qui s'échappent toujours de l'appareil de condensation. Pour économiser l'acide chlorhydrique, on peut employer concurremment l'acide sulfurique. Le traitement par l'acide sulfureux seul a été proposé. On a proposé de se servir du chlorure de calcium provenant des fabriques de soude, où l'on emploie de l'acide sulfurique brut.

La fabrication de la colle extraite des os par la vapeur, bien que découverte par Papin, n'est devenue réellement pratique qu'après les travaux du chimiste d'Arcet, qui, à la simple marmite, substitua un appareil où la vapeur est produite dans un générateur indépendant.

La méthode généralement employée consiste à renfermer les os, préalablement dégraissés, puis concassés, dans un cylindre de toile métallique, qui se renferme dans une enveloppe de fonte, qu'on ferme hermétiquement et où l'on fait arriver la vapeur produite dans une chaudière. Sous la double action de la pression et de la température, la matière animale des os est transformée en gélatine, que dissout l'eau de condensation, et qu'on soutire du cylindre de fonte. Il ne reste plus qu'à concentrer cette solution gélatineuse et à achever le moulage et les autres opérations ainsi que nous l'avons déjà décrit. Toutefois cette opération est assez délicate, la vapeur ne doit agir qu'à la température de 106°, et pendant le temps absolument nécessaire à la transformation des tissus, car si ces deux conditions ne sont pas observées, il y a décomposition des matières organiques, perte dans le rendement et altération dans la qualité du produit. Une autre difficulté réside dans la nécessité de tenir toujours les appareils très propres, pour éviter des effets de fermentation. Ce qui explique, d'ailleurs, que les colles ainsi préparées sont toujours de qualité inférieure. Le rendement moyen en colle est de 15 0/0 du poids des os.

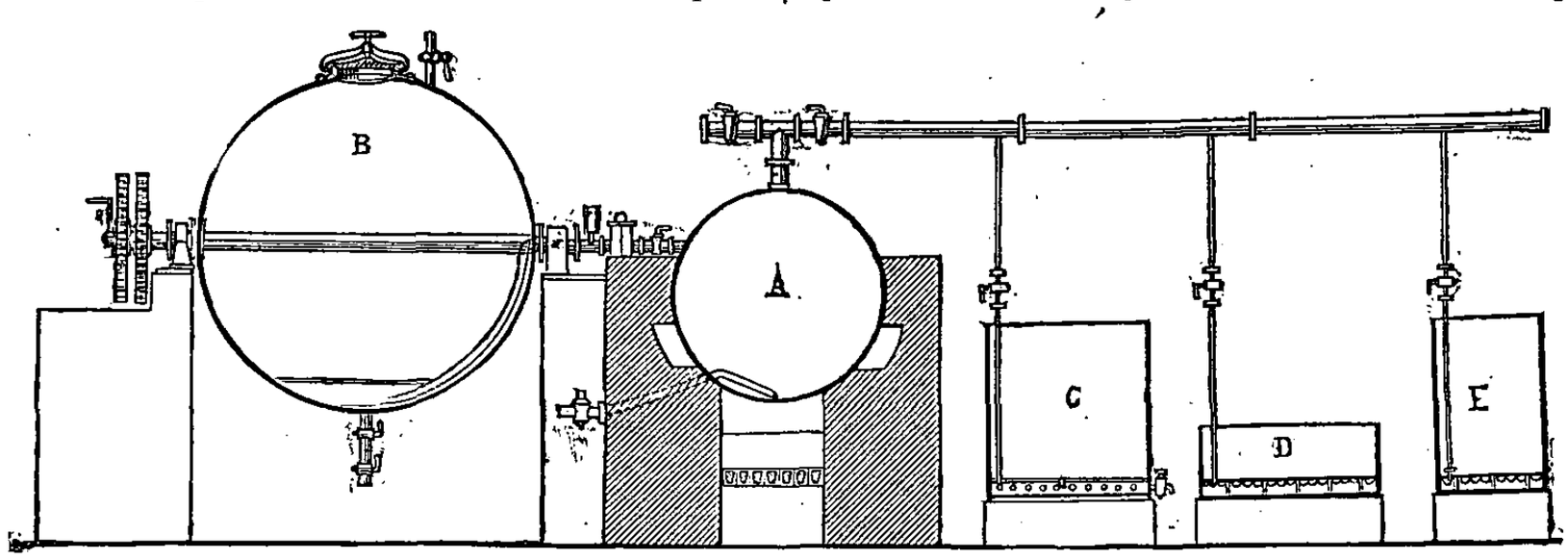


Fig. 396. — *Appareil pour la fabrication de la colle d'os.*

Les résidus d'os, après cette opération, trouvent divers emplois dans l'industrie : pour la fabrication du charbon d'os, comme engrais, etc.

M. Briers a apporté des perfectionnements assez notables à cette méthode. L'appareil dont il se sert et que représente la figure 396 se compose d'un générateur à vapeur A, qui sert à agir sur les os et à chauffer les cuves C, D, E ; d'un tambour sphérique B, susceptible de tourner autour de son axe et de recevoir la vapeur sèche à une température de 120°. Ce tambour est rempli des os bruts, pulvérisés seulement après ce traitement, qui agit sur les matières animales sans amener de perte dans la gélatine. La farine, résultant du broyage dans un moulin à meules verticales en fonte, est traitée dans la cuve C par l'eau bouillante qui la recouvre de 0m,65 en agitant pendant l'opération, on y ajoute les eaux de condensation recueillies par la tubulure inférieure du tambour. On soutire la liqueur, la laisse refroidir à 65° et clarifie avec de l'alun. Le liquide clair est concentré dans la cuve D, où l'on ne met à la fois qu'une mince couche de 0m,06 pour rendre l'opération très prompte. La cuve E sert à faire bouillir les résidus de farine avec les eaux de pressuration, ce qui fournit une seconde qualité de colles.

Colle forte liquide. La colle forte liquide n'est utilisée que par l'industrie des perles fausses, mais elle est très précieuse pour les usages domestiques, par suite de la facilité de son emploi. La gélatine sous ce nouvel état ne doit pas se prendre en masse à la température ordinaire, et il faut empêcher sa corruption.

Il a été donné de très nombreuses formules pour la préparation de la colle forte liquide. En résumé, il suffit de dissoudre à chaud de la colle forte et d'y ajouter une quantité d'acide azotique dépendant de la qualité de la colle employée, environ 12 0/0 pour les colles ordinaires. M. Knaffs prépare une excellente colle liquide par le pro-

cédé suivant : On fait fondre 3 parties de colle concassée dans 8 parties d'eau et, quelques heures après, on ajoute 1/2 partie d'acide chlorhydrique et 3/4 de partie de sulfate de zinc, le tout porté à 81° environ pendant dix heures.

Enfin, quelques fabricants substituent à l'acide azotique de l'acide acétique étendu, auquel on ajoute un peu d'alcool et d'alun.

Colle à bouche. C'est celle que tous les dessinateurs emploient pour coller le papier sur les planches à dessin.

On la prépare avec de la colle de Flandre de belle qualité, qu'on ramollit dans de l'eau et chauffe jusqu'à dissolution. On ajoute environ 1/10 du poids de sucre blanc, une essence parfumante, et quand, par le refroidissement, elle est sur le point de se figer, on la coule dans des moules parallélipipédiques. Lorsque la colle est entièrement figée, à l'état de gelée très consistante, on la découpe en tablettes, à l'aide d'un fil de cuivre. Les tablettes sont déposées sur des plaques de fer blanc amalgamées et mises à sécher à l'ombre ou à l'étuve.

Colle de poisson. La colle de poisson, appelée quelquefois ichtyocolle, sert à beaucoup d'usages. On l'emploie en pharmacie : elle sert à clarifier la bière, le vin, le sirop ; les confiseurs l'emploient dans une foule de préparations ; enfin elle sert à donner du lustre et de la consistance aux étoffes de soie, aux gazes, à la préparation de certains papiers, de fleurs artificielles, etc. Dans les pays du Nord, les Esquimaux en font des carreaux transparents. De tous ces usages, le plus important est la clarification de la bière. Pendant longtemps la fabrication de la colle de poisson a été exclusivement faite en Russie avec la vessie natatoire du grand esturgeon et des membranes de quelques autres poissons. De nombreuses recherches ont été faites pour délivrer l'industrie de ce monopole. Mais il faut reconnaître que jusqu'ici toutes les tentatives de ce genre, dont nous parlerons plus loin, tout en fournissant des produits très intéressants, n'ont pu donner une matière offrant des qualités identiques à celles que fournit encore la Russie.

L'on distingue, dans le commerce, la colle de poisson sous différentes formes, qui correspondent à des qualités diverses :

1° En petits cordons, première sorte dite *patriarche*. Cette colle est la plus recherchée, elle est incolore, translucide et parfaitement pure ;

2° En petits cordons, deuxième sorte. Elle est un peu colorée, opaque, et renferme intérieurement des matières étrangères ;

3° En gros cordons, de qualité très variable ;

4° En feuilles, nom qui définit son état, quelquefois très pure, mais souvent falsifiée par des plaques de gélatine ;

5° Factices, se présentant sous des formes très variées, préparées avec des matières assez différentes. On en trouve qui peuvent remplacer la colle de poisson. En tous cas, il faut les essayer avant d'en faire usage.

Voici le procédé employé en Russie pour préparer la colle de poisson : La vessie du poisson est ouverte, lavée avec soin dans l'eau froide, clouée sur une planche et séchée au soleil. On enlève la pellicule de tissu argentin qui la recouvre avant la complète dessiccation. Celles récoltées en hiver sont conservées dans la neige, puis traitées, au printemps, comme il vient d'être dit. Lorsque les vessies sont séchées au soleil, on obtient une matière glutineuse, qu'on enlève au moyen du pouce et de l'index. Cette matière, triée, lavée, roulée en feuilles minces et coupée en petites bandes, est la colle de poisson livrée au commerce.

Quant aux colles factices, on les prépare avec les peaux, les nageoires, les têtes, les queues, en un mot tout le corps, sauf la chair, la graisse et l'huile de toutes sortes d'animaux marins : marsouins, requins, etc. On fait cuire toutes ces parties dans l'eau. Après épuisement complet, on laisse tiédir le bouillon, le décante, le passe au tamis, le concentre par ébullition jusqu'à ce que les gouttes qu'on laisse tomber figent en se refroidissant. On laisse refroidir et coule en tables auxquelles on donne des formes diverses.

Lorsqu'on examine le mode d'action de l'ichtyocolle sur la bière, on remarque que cette colle détrempée à froid, se divise en une sorte de réseau composé de fibres droites, blanches, nacrées, qui sous l'action de la levure se resserre entraînant toutes les impuretés du liquide où il se trouve. La colle de poisson traitée par l'eau chaude est désorganisée et n'offre plus les phénomènes précédents, d'où un procédé de distinguer la colle de poisson des autres matières gélatineuses qui ne sauraient lui être substituées dans cet usage de la clarification.

On appelle *colle anglaise*, de l'ichtyocolle épurée, blanche, à cassure vitreuse, en lames minces transparentes à consistance de la corne ; on l'emploie pour les substances alimentaires et en pharmacie. C'est de la colle de Russie mise à macérer dans la potasse caustique jusqu'à ramollissement, bien lavée, exposée à l'acide sulfureux, lavée de nouveau et sèchée à 20°.

L'Islande et l'Amérique fournissent des quantités assez considérables d'ichtyocolle fabriquée avec la vessie natatoire de la morue. En France et en Angleterre, de nombreuses tentatives ont été faites pour installer cette fabrication. M. Goubely, de Lyon, traite les écailles de carpe par l'acide chlorhydrique pour décomposer les sels de chaux, puis par l'eau bouillante pour extraire la gélatine. On clarifie par le sulfate d'alumine et blanchit par l'acide sulfureux.

MM. André et de Bécuyer, à Marseille, préparent une ichtyocolle de première qualité avec les os des grands animaux de mer, qu'on trouve en abondance dans quelques parages.

Enfin, on vend, sous le nom d'*ichtyocolle* française, une substance jouant un rôle analogue à celui de la colle de poisson et préparée avec la fibrine du sang et le tannin.

COLLES DIVERSES

On a imaginé une foule de combinaisons pour

obtenir des colles d'une force adhésive plus considérable ou destinées à des usages particuliers. Nous ne saurions donner ici toutes les formules publiées à ce sujet ; d'ailleurs, un grand nombre de ces compositions ne rendent, en réalité, aucun service ; nous mentionnerons seulement celles qui sont consacrées par l'expérience.

Colle de gluten. C'est une colle végétale assez employée dans l'impression des tissus et dans la teinture comme mordant.

Colle de caséine. On l'obtient en traitant du lait par du sulfate de magnésie, qui précipite la caséine ; celle-ci est de nouveau dissoute dans l'eau et reprécipitée par l'acide acétique ; on la prépare en dissolvant cette substance dans une solution de borax. Elle a une force adhésive considérable, qui lui permet de remplacer quelquefois la colle forte.

Colle à vernir les cartes. Elle est formée avec de la gélatine ou de la belle colle forte blonde additionnée de 7 à 8 grammes de fiel de bœuf par litre de colle. Cette colle est étendue sur des plaques de verre où on la laisse prendre ; on la plonge ensuite dans une solution de : acétate de plomb, 30 grammes ; alun, 30 grammes ; eau, 500 grammes. Après deux heures, on retire la plaque, lave à grande eau pour enlever tout le sel alumineux adhérent, et obtient ainsi une colle insoluble, transparente, formant sur les dessins comme un vernis. Pour s'en servir, on recouvre une plaque semblable d'une couche mince de solution claire de gélatine, on applique ensuite l'image, fait sécher deux ou trois jours, puis, avec un couteau affilé, on peut détacher l'image.

Colle céramique. Ces colles destinées à raccommoder les objets en porcelaine, en faïence, en verre, etc., se trouvent dans le commerce sous une foule de noms divers ; elles ont toutes pour base principale un mélange : de colle forte dissoute dans de l'essence de térébenthine, de colle d'amidon et de craie.

Voici quelques formules de préparation de ces colles : 60 grammes d'amidon et 100 grammes de craie pulvérisée dans un mélange de parties égales d'eau pure et d'eau-de-vie, ajoutez 30 grammes de colle forte, faites bouillir et ajoutez 30 grammes de térébenthine.

Formez une bouillie épaisse avec 100 grammes d'amidon, incorporez une solution de 50 grammes de colle forte et 50 grammes de téréhenthine.

Le fromage frais ou du vieux fromage amené en pâte par l'eau bouillante, broyé avec de la chaux vive, mélangé avec du quartz, de la brique pilée, du serum de sang ou de l'albumine donne aussi une colle céramique.

La colle forte ordinaire additionnée de gomme laque et de céruse, ou de carbonate de magnésie, fournit encore une autre colle céramique.

Enfin, nous citerons encore une colle de ce genre faite avec de la colle de farine préparée avec de l'eau gommée, à laquelle on ajoute un mélange d'acétate de plomb et d'alun. Eau, 2 litres; gomme, 76 grammes ; farine de blé, 500 grammes; acétate de plomb, 46 grammes ; alun, 46 grammes.

Colle au caoutchouc et à la gutta-percha. Ces matières sont solubles dans un grand nombre de substances, toutes très volatiles, comme l'éther, le chloroforme, le sulfure de carbone, et de plus jouissent de la propriété, avant de se dissoudre complètement, de gonfler énormément, d'où la possibilité de préparer des colles de divers degrés de force, dont l'emploi est très simple. Il suffit d'en enduire les objets à réunir, de les presser et de laisser sécher. On en fait de nombreuses applications à la reliure, au collage des cuirs. Le mélange du caoutchouc avec les colles fortes augmente la force adhésive de la colle.

Enfin, on prépare un dissolvant spécial du caoutchouc, formé d'une solution de gomme laque dans l'ammoniaque concentrée, qui fournit une colle pour réunir les métaux et qui rend des services pour les joints de tuyaux.

Glu ou colle marine de Jeffery. Cette colle, qui jouit de propriétés adhésives très remarquables et est très employée dans les travaux de construction de la marine, est un mélange de caoutchouc dissous dans une huile essentielle de gomme laque.

Colle forte à la glycérine, pour les moules flexibles, les rouleaux d'imprimerie ; on la prépare en dissolvant dans la gélatine de la colle forte ordinaire, ou de la colle de poisson, ou en traitant directement des rognures de peaux par la glycérine. — R.

COLLECTEUR. *T. techn.* Nom donné à la plupart des conduites principales desservant des ramifications plus ou moins nombreuses. *Collecteur des purges, des eaux grasses*, de *l'eau pour l'arrosage*, de *graissage*, de *vapeur pour le réchauffage des enveloppes*, etc. || *T. de mar. Collecteur d'incendie*, tuyau qui s'étend d'un bout à l'autre du bâtiment et dans lequel le refoulement de presque toutes les pompes du bord, à vapeur ou autres, peut-être dirigé facultativement. || *T. de phys.* On donne ce nom à toute disposition servant à recueillir les courants d'une machine magnéto ou dynamo-électrique, lorsque le sens du courant n'est pas changé. Ce mot s'applique plus spécialement à l'ensemble de lames de cuivre qui servent à recueillir les courants dans la *machine Gramme* et les autres *machines à anneau.*

COLLER. Faire adhérer avec de la colle. || Imprégner de colle, apprêter avec de la colle. || Clarifier du vin, de la bière et autres liqueurs.

COLLERETTE. *T. de cost.* Petite collet à l'usage des femmes et des enfants.

* **COLLERIE.** *T. techn.* Atelier où l'on encolle les fils destinés au tissage.

COLLET. 1° Morceau d'étoffe entourant le vêtement autour du cou et retombant sur les épaules et la poitrine. || 2° *Art mil. Collet de maille.* Pélerine de maille qui fut portée du XIV^e^ au XVI^e^ siècle. || 3° *T. d'artill.* Partie étranglée d'un canon entre la culasse et le bouton de culasse. || 4° *T. de constr.* Partie la plus étroite d'une marche dans

un escalier à vis; c'est le côté par lequel la marche tient au noyau de l'escalier. || 5° *T. de mécan.* Renflement cylindrique à l'extrémité d'un arbre de transmission. Ce renflement empêche le déplacement latéral de l'arbre. || 6° *T. techn.* Ruban d'acier qui constitue une des parties importantes du bandage herniaire. || 7° Partie d'un flambeau entre le pied et la bobèche. || 8° Partie qui sépare le dessus et le dessous d'une pièce d'orfèvrerie. || 9° Partie recourbée de la manille d'un câble-chaîne. || 10° *T. de tiss.* On appelle ainsi, dans le métier Jacquard, une ficelle double et sans nœud qui traverse la *planche à collet* et va se suspendre au crochet de la mécanique qui lui correspond. Tous les collets sont terminés, à leur partie inférieure, par un petit crochet en fil de fer dans lequel on met la boucle des arcades. Il faut, auparavant, débrouiller les unes des autres ces boucles, qui ont été tortillées ensemble avant l'empontage : si on ne le faisait pas, il pourrait arriver qu'une fois l'*égalisage* (V. ce mot) des maillons terminé, les boucles se détortillassent au fur et à mesure du tissage; il y aurait alors nécessairement des inégalités ou des irrégularités dans les maillons et par conséquent dans les fils de la chaîne qui y sont rentrés. — V. le mot suivant.

* **COLLETAGE.** *T. de tiss.* Dans le montage du métier à lames, l'opération du colletage, qui peut précéder, mais qui fait ordinairement suite à celle de l'*empontage* (V. ce mot), consiste à accrocher au *collet*, toutes les arcades qui doivent en faire partie. Ces arcades sont des ficelles en fil de lin ou de chanvre, retors à plusieurs brins, pliées en deux et nouées de manière à former un œillet destiné à recevoir le collet. Le colletage se fait toujours d'une manière suivie, c'est-à-dire d'après l'ordre même des crochets de la mécanique, en commençant, sauf un ordre contraire de la disposition, par suspendre le premier paquet d'arcades au deuxième collet, en poursuivant la rangée de collets jusque vers le cylindre, pour recommencer de la même manière à chaque rang de collets qui suit. Quoique cette opération soit considérée comme une des plus simples, il arrive néanmoins qu'on commet parfois des erreurs en l'exécutant, surtout si les boucles qui doivent appartenir à chaque collet n'ont pas été précisément réunies par le tortillonage qui a eu lieu avant l'empontage. On risque alors, pendant le cours du colletage, de transporter ou de faire courcir les arcades d'un collet à un autre, et, dans ce cas, la rectification n'ayant lieu que lors du tissage, l'*égalisage* du *corps* serait sensiblement dérangé. Quant à l'erreur provenant de l'oubli d'un collet, on ne peut s'en apercevoir qu'au dernier collet, qui suivant le cas se trouve être en plus ou en moins. Il y a différentes manières de corriger cette erreur.

* **COLLET-DESCOTILS** (ALPHONSE-VICTOR), chimiste, né en 1773, mort en 1815, fit l'expédition d'Egypte et fut, à son retour, nommé chef du laboratoire de l'Ecole des Mines, puis ingénieur en chef (1809). Ses recherches sur le platine et les sels de platine ont fait découvrir un nouveau corps simple métallique, l'*iridium*.

COLLETÉ, ÉE. *Art hérald.* Se dit de l'animal qui a un collier. || *T. de min.* Serré à l'aide de coins, contre les parois d'un puits ou d'une galerie,

* **COLLETIN.** *T. d'arm.* Partie de l'armure du XIV^e^ siècle et du XV^e^ siècle, qui défendait le cou, les épaules et le haut de la poitrine.

COLLEUR. *T. de mét.* Ouvrier qui colle le papier de tenture. || Celui qui imprègne le papier de colle. || Afficheur.

* **COLLEUSE.** *T. d'imp. s. ét.* Dans les diverses manipulations que subit une pièce, il est nécessaire de joindre les chefs ensemble pour que les opérations puissent se suivre. A cet effet, on coud les pièces ou on les colle. Certaines fabriques préfèrent la couture, d'autres emploient le collage qui se fait de la façon suivante. Sur une plaque chauffée à la vapeur, d'environ 15 centimètres de large et d'environ 15 centimètres plus longue que la largeur de l'étoffe. On place les deux chefs, à coller, c'est-à-dire, le dernier chef d'une pièce avec le premier chef d'une seconde pièce, on enduit l'un de colle spéciale, au moyen d'une brosse on applique le second chef dessus. Comme la plaque est chauffée à la vapeur, l'empois se sèche et colle les deux bouts ensemble. Il est important d'avoir des collures sans reproche, surtout dans les passages en hot-flue ou dans les divers chlorages, car il peut en résulter de graves accidents.

I. **COLLIER.** Ornement de cou formé de petits objets enfilés ou de chaînons accrochés l'un à l'autre. Collier de perles, de corail, de diamants, etc.

HISTORIQUE. L'origine des colliers remonte aux premiers âges du monde. Déjà, pendant la période préhistorique connue sous le nom de *temps quaternaires*, *hommes et femmes ornaient leur cou de coquillages*, de dents d'animaux ou de silex perforés, réunis par un lien flexible et auxquels ils ajoutaient parfois des pendeloques, considérées alors comme des amulettes. Plus tard, à l'âge du fer, on vit paraître les colliers d'ambre et de jadéite, dont plusieurs spécimens ont été découverts en Bretagne et dans les stations lacustres de la Savoie. Depuis cette époque reculée, les colliers ont été employés par tous les peuples, sauvages ou civilisés.

Les Egyptiens, entre autres, en portaient de très luxueux. La Bible nous montre un des rois pasteurs plaçant un collier d'or sur le cou de Joseph, qu'il veut revêtir de son autorité. Le collier d'or, chez les Egyptiens, était également donné en récompense de la valeur. Il recevait le nom de « collier d'or de la vaillance » et servait de décoration.

Mais ces colliers lourds et massifs étaient réservés aux hommes. Les femmes préféraient des ornements de cou plus délicats et non moins précieux, quelquefois travaillés en lacet, ou ornés de lapis-lazuli, avec des lis et des tulipes imitées en or. Les femmes du peuple se contentaient de colliers en verroterie ou en terre émaillée, composés de perles de plusieurs couleurs ou de scarabées.

D'après les poèmes héroïques, les femmes de l'ancienne Grèce firent usage de colliers bien avant Homère. En effet, dans le récit que le pasteur Eumée fait de ses premières années (*Odyssée*, XV) il dit que des Phéniciens l'ont volé en corrompant sa nourrice à prix d'or; et à ce propos il parle de colliers « où l'or s'entremélait avec

l'électrum,» probablement l'ambre. Il en est de même plus loin (Ch. XVIII): «Lorsque les prétendants envoient chercher par leurs hérauts les présents qu'ils destinent à Pénélope, «Eurymaque reçoit, pour l'offrir, un admirable collier d'or et d'émaux, étincelant comme le soleil.»

Les colliers phéniciens furent donc longtemps recherchés par les belles Grecques des temps héroïques, témoins les colliers d'Hélène et d'Eryphile, célèbres par l'espèce de fatalité qui était attachée à leur possession. Mais ces bijoux étaient encore assez rares, et ce n'est que plus tard qu'ils devinrent d'un usage général. A l'époque d'Aristophane, comme l'indique un passage de *Lysistrata*, les colliers s'attachaient à l'aide d'un fermoir. Plus tard, au rapport de Lucien, les femmes ne portaient plus que des colliers d'Ionie, énormes et très pesants, généralement enrichis d'émeraudes. Tel est le bijou que décrit Aristénète, dans sa première épître, lequel était orné de pierres précieuses, dont les plus petites étaient arrangées de manière qu'elles formaient le nom de la belle Laïs qui le portait.

Le luxe des colliers a été poussé également fort loin par les Etrusques. On peut même dire qu'aucune nation, avant eux, n'avait mis dans la fabrication de ces bijoux autant d'art et de recherche (V. BIJOUTERIE). Les colliers étrusques, dont on peut voir une splendide réunion au Louvre et au Musée du Vatican, étaient généralement en or et formaient, soit de simples fils d'or contournés en nœuds, soit une série de scarabées, de grains d'ambre, de grenats et surtout d'émeraudes, séparés par des boucles, des amphores, des têtes d'hommes ou d'animaux, en or ciselé ou estampé. Souvent ces colliers formaient un rang autour du cou, et étaient accompagnés de deux autres qui tombaient sur la poitrine.

Selon toute probabilité, les Grecs et les Etrusques transmirent l'usage des colliers aux Romains, qui les décernaient à leurs soldats, comme récompense du courage; mais ceux connus sous le nom de *torques* paraissent avoir été empruntés aux Gaulois. Manlius, étant tribun militaire, tua un Gaulois qui l'avait provoqué, enleva le collier (*torques*) du vaincu, et se le plaça autour du cou; de là son surnom de *Torquatus*. Le *torques* se composait d'un cercle d'or massif ciselé en torsade ou d'un certain nombre de fils d'or roulés en spirale; il était terminé par deux bouts qui se croisaient en formant agrafe.

Pour en revenir aux colliers des femmes, ces bijoux portaient à Rome la dénomination générale de *monile*. Le monile ressemblait aux colliers modernes et variait pour la forme, le modèle et la matière, suivant le temps, les lieux et les caprices de la mode.

Les romaines ornaient leur cou soit d'un simple rang de perles ou de pierres précieuses (*monolinum*), soit d'un collier à double rang (*dilinum*); mais généralement le collier à trois rangs était celui qu'elles préféraient. Le rang supérieur, entièrement formé de perles, s'appliquait sur le cou, et les deux autres, plus longs, qui couvraient la poitrine et tombaient même très bas sur le sein, étaient souvent composés d'un mélange de pierres précieuses, telles que des émeraudes ou des béryls, dont la couleur, mêlée à celle de l'or dont elles étaient garnies, produisaient l'effet le plus brillant et le plus heureux.

Tertullien dit quelque part, à propos de ces colliers: «*uno lineo decies sestertium*, on attache à un seul collier pour un million de sesterces (200,000 fr.)». Ce curieux fragment nous donne d'abord une idée du prix fabuleux qu'atteignaient alors ces joyaux; en second lieu, il nous apprend que les latins appelaient un rang de perles *linea* ou simplement *lineum*. Il est question, dans les lois romaines, de ces *lineæ* comme désignant des perles qu'on nommait *insertæ*, lorsqu'elles étaient passées à un fil, et *extricatæ*, lorsqu'elles ne faisaient pas un collier à un rang, comme on peut le voir dans les fragments d'Aquilus et d'Ulpien.

Les colliers étaient aussi formés de perles de métal, quelquefois séparées par des étoiles d'or, ou bien accompagnées à leur extrémité de larmes d'or. On les ornait aussi de camées formant pendeloques.

Au moyen âge, le collier servit souvent de récompense militaire, mais il perdit cette destination à la fin du XVe siècle, époque où il devient exclusivement une parure de femme. C'est alors qu'on vit paraître les colliers d'or ornés de «diamants naïfs» ou non taillés et polis par un frottement naturel; d'autres étaient d'or, «esmaillés de blanc et de rouge, à petites paillettes d'or...», comme disent les *Comptes des Ducs de Bourgogne*, année 1467. Le Musée de Cluny possède une statue du XVe siècle, représentant une dame d'Arbois, vêtue d'une robe longue et ayant un collier d'orfèvrerie très ouvragé passé autour du cou.

Au XVIe siècle, les colliers s'étalaient sur la poitrine. On leur donnait la dénomination de carcans, lorsqu'ils entouraient simplement le cou. Toutes les matières concouraient à leur fabrication. «Trois petits carquans de geetz (jais) prisé un escu», est-il dit dans l'*Inventaire des objets envoyés au château de Verneuil*, en 1585. D'un autre côté, l'*Inventaire de Gabrielle d'Estrées* montre qu'on émaillait aussi les colliers et qu'on les enrichissait de diamants. — V. CHAÎNE, § *Chaîne d'ornement*; JOAILLERIE.

Avec le XVIIe siècle parurent les colliers de perles, auxquels succédèrent, au siècle suivant, les colliers de diamants ornés d'une petite croix mobile également en pierreries taillées à facettes. On connaît l'affaire du fameux collier de la reine, dans laquelle Marie-Antoinette paraît avoir joué un rôle. Aux approches de la Révolution, les bijoux disparurent peu à peu du costume féminin; ce ne fut qu'après la Terreur, pendant les folies du Directoire, que les colliers reprirent leur ancienne vogue.

Le premier Empire commença par mettre à la mode les colliers de mailles d'or élastiques, figurés en serpents ou ornés de cornalines et de camées. Mais bientôt ces derniers furent éclipsés par les splendeurs de la cour impériale, et l'on vit reparaître au cou des femmes les fils de perles et les rivières de diamants.

Depuis cette époque, la vogue des colliers n'a fait que s'accroître. Les progrès de la bijouterie à bon marché en ont, pour ainsi dire, multiplié l'usage, aujourd'hui surtout que la mode anglaise s'est établie parmi les parisiennes de porter des colliers en métal doré ou nickelé et ornés de médaillons dont le style de convention rappelle plus ou moins le moyen âge ou la Renaissance. — S. B.

II. **COLLIER.** *T. de méc. Collier d'excentrique*, bague en deux morceaux dont le cercle intérieur correspond au diamètre du chariot d'excentrique. Les parties en contact avec le chariot sont garnies de bronze ou de métal blanc; l'une des moitiés porte une queue nommée *bielle d'excentrique* qui transmet le mouvement au tiroir ou à la détente. || *Collier de serrage*, grande bague, en feuillard, pour comprimer les garnitures métalliques afin de pouvoir les introduire dans le cylindre. || *Collier frein* ou *Collier d'arrêt*, bague en deux morceaux que l'on serre sur l'arbre de l'hélice à toucher le manchon d'embrayage pour empêcher celui-ci de marcher de l'avant. || Bague serrée à force sur la tige d'un piston d'un cylindre vertical ou incliné, pour la maintenir à la hauteur voulue lors d'une visite ou d'une réparation. || *T. techn.* Partie du harnais des animaux de trait, rembourrée et à laquelle on attache les traits. || *T. d'arch.* L'une des parties des chapiteaux dorique ou toscan. || *T. techn.* Partie de l'éperon embrassant le

talon du cavalier. || *T. de p. et chauss. Collier d'écluse*, cercle de métal servant à maintenir par le haut les poteaux tourillons des ponts d'écluses.

* **COLLIGNON.** Nom d'une famille d'imprimeurs de Metz, qui compte parmi les plus illustres représentants de la typographie française. Le dernier descendant de cette famille, Auguste Collignon, est mort en 1863, à la tête de l'imprimerie fondée en 1646 par Pierre Collignon.

COLLODION. *T. de chim.* Liquide visqueux dont la découverte, due au Dr L. Maynard, de Boston, date de 1847, et qui, bien que destiné à l'usage chirurgical, fût la cause de tous les perfectionnements qu'a subi la photographie, depuis quelques années.

C'est un produit de consistance sirupeuse, incolore, quelquefois opalin, d'odeur éthérée, et qui contient en dissolution de la pyroxiline, ou cellulose octo-nitrique. Lorsqu'on l'abandonne à l'évaporation spontanée, il perd son éther, et recouvre les objets sur lesquels il se trouve, d'une couche mince et très adhérente de pyroxiline transparente.

Préparation. — Pour faire le collodion on commence par préparer la pyroxiline ; pour cela, on mélange 1000 parties d'acide sulfurique à 1,84, avec 500 parties d'acide nitrique à 1,42, et lorsque la température du liquide acide est de 30° centigrades environ, on y ajoute 50 grammes de coton cardé, desséché à 100°, en ayant soin d'introduire celui-ci par fractions, pour éviter toute production de chaleur. On abandonne ensuite pendant 24 à 48 heures suivant la saison, puis on retire le coton, le comprime avec une baguette de verre, et le lave à grande eau, jusqu'à ce qu'il ait perdu toute trace d'acide. On expose enfin en lieu sec, pour opérer la dessiccation. Pour faire le collodion, on prépare alors un mélange de 64 parties d'éther et de 22 parties d'alcool à 90°, et on y ajoute, peu à peu, 7 parties du fulmi-coton. On agite bien, et on passe au travers d'un linge, après 24 heures, pour conserver dans des vases bien hermétiquement bouchés.

Usages. Le collodion fut inventé dans le but d'agir comme produit servant en chirurgie à réunir les plaies, à arrêter le sang, à soustraire du contact de l'air. Par son évaporation, il se contracte, et peut alors se fendiller par places ; lorsqu'il est employé pour l'usage médical, aussi lui donne-t-on plus de souplesse. Le *collodion élastique* est celui qui renferme, en poids, autant d'huile de ricin, qu'il a été employé de fulmi-coton pour faire le mélange. Le collodion peut aussi servir comme topique, en y dissolvant des matières actives (cantharidine, morphine, tannin, etc.), qu'il met, par son évaporation, en contact intime avec les tissus.

Le plus grand emploi du collodion résulte de son application à la photographie. MM. de Brébisson, en France, et Bingham, en Angleterre, avaient déjà conseillé de le substituer à l'albumine, pour obtenir des plaques propres à être impressionnées par la lumière ; mais, c'est surtout aux travaux de Legray (1850), et de Scott Archer, à Londres (1851), que l'on en doit la vulgarisation. Pour servir à faire des épreuves positives ou négatives, le collodion doit être additionné de certains corps. Le *collodion sensibilisé* est celui qui contient des sels, capables de fournir, après l'action du bain d'azotate d'argent, des produits faciles à impressionner par la lumière. D'après Legray, on a un collodion rapide avec le mélange suivant :

Iodure de potassium.	22	grammes.
Bromure de potassium	8	—
Iodure d'ammonium.	18	—
Bromure d'ammonium.	10	—
Iodure de cadmium	20	—
Bromure de cadmium.	10	—
Iodure de zinc.	12	—
Alcool.	1	litre.

En faisant le collodion, on remplace une certaine quantité d'alcool, par un poids tel de cette solution, qu'il correspond, en matières salines, à autant de coton qu'il en faut pour faire un poids donné de collodion. On nomme procédé au *collodion sec*, par opposition à *collodion humide*, le procédé qui permet d'employer des glaces sensibilisées depuis longtemps, alors que celles au collodion humide sont préparées au moment du besoin. Pour les deux méthodes, le collodion est toujours sensibilisé de la même manière, mais les glaces au collodion sec sont revêtues, après leur préparation, d'une matière (résine, camphre, gélatine, tannin, etc.), qui permet aux bromure et iodure d'argent de conserver leur sensibilité photographique pendant assez longtemps, tandis que dans le procédé au collodion humide, leur emploi immédiat ne nécessite pas cette précaution.

Le collodion pour la photographie n'est pas toujours préparé ainsi que nous l'avons indiqué. MM. Plessy et Schlumberger, de Mulhouse, ont proposé de le faire économiquement, en dissolvant le fulmi-coton dans l'alcool méthylique (40 °°/₀₀) ; on emploie peu cette méthode. Il est de même du collodion fait avec la cellulose nitrique dissoute dans la liqueur cupro-ammoniacale de Péligot (azotate basique de cuivre et d'ammoniaque) ; on dissout 10 gr. de fulmi-coton dans la liqueur cuprique, et y ajoute 5 à 10 grammes d'iodure de potassium. Cette variété de collodion n'est guère utilisée.

Dans ce dernier temps, M. Robe a proposé l'emploi du collodion, pour faire un *cuir artificiel*, susceptible d'un bon tannage. On commence par préparer des feuilles assez minces de collodion, puis on les introduit dans un mélange refroidi d'acide sulfurique et d'eau (à parties égales) ; on lave à l'eau alcaline pour enlever l'acide, puis on plonge chaque feuille dans une solution chaude de gélatine, tanne dans un bain d'alun ou d'acide tannique, et superpose les feuilles en nombre variable, suivant l'épaisseur à donner au cuir. Il suffit alors de soumettre à la presse hydraulique, pour avoir une sorte de cuir, doué de propriétés analogues à celles du cuir véritable.

* **COLLURE.** *T. de rel.* Action de coller.

COLMATAGE. *T. d'agric.* Opération qui a pour but d'amener sur un terrain bas et marécageux l'eau d'une rivière ou d'un torrent, chargée de

troubles, les y laisser déposer et exhausser ainsi le sol. Le colmatage a donc pour but de remblayer le terrain, de surélever son niveau, en un mot de l'assainir tout en le fertilisant. — Cette amélioration foncière comprend diverses opérations que nous résumons dans le tableau suivant :

Colmatage d'un sol	1° toujours en culture (prairies)	Dépôt intermittent d'une faible couche de limon fertilisant				Limonages.
	2° non cultivé (quelquefois planté)	Exhaussement du sol par dépôt continu de limons	charriés par	1° un courant fluvial	Exhaussement des rives d'un cours d'eau	Ensablements.
					Exhaussement uniforme du sol.	Colmatages proprement dits.
				2° un courant maritime	Exhaussement du littoral.	Polders.
					Exhaussement uniforme du sol.	Warpings.

Tous les cours d'eau tiennent en suspension plus ou moins de troubles (sables de dimensions variables, argiles et matières organiques) qu'ils ont arrachés aux terrains supérieurs, suivant leur régime hydrographique et la nature géologique de leur bassin versant. Les gros matériaux (sables, galets) se déposent les premiers ; c'est-à-dire que le dépôt est formé d'éléments d'autant plus fins que l'on s'éloigne de la source du cours d'eau, ou, en d'autres termes, que la vitesse de son courant diminue.

Pour la rédaction d'un projet de colmatage, il faut, étant donné le cours d'eau et le limon moyen charrié :

1° Déterminer l'épaisseur de la couche d'eau ;

2° Déterminer le cube d'eau nécessaire pour produire le colmatage ;

3° Déterminer le temps nécessaire pour colmater une surface donnée.

On cherche d'abord la quantité de limons pouvant se *déposer pratiquement*, en mettant l'eau considérée dans un tube gradué sous une épaisseur déterminée, et on observe le volume du dépôt et le temps nécessaire à sa formation.

La hauteur H de la couche d'eau doit être telle qu'à la fin de l'opération, l'épaisseur du dépôt étant A, on ait encore $0^m,40$ à $0^m,50$ d'eau sur le sol, afin de ne pas transformer la colmate en un marais pestilentiel, d'où au début H est de

$$H = 0,40 \text{ à } 0,50 + A \text{ (au minimum).}$$

Pour déterminer le cube total Q d'eau nécessaire pour obtenir le dépôt A on cherche le rapport $r\left(=\frac{q}{q_1}\right)$ qui existe entre le cube d'eau q et le cube de limon q_1 charrié par cet eau, d'où l'on tire $Q = \frac{q}{q_1} A = r.A.$

Pour avoir le temps T nécessaire au colmatage, on cherche expérimentalement les temps élémentaires t, t_1, t_2,.....t_n nécessaires à la formation du dépôt sous différentes épaisseurs d'eau,

$$H, H_1, H_2.....(H - A)$$

et par un simple calcul on a le temps T' nécessaire pour le dépôt A.

Si à T' on ajoute les pertes de temps T'' de remplissage et d'évacuation des eaux calculé d'après les formules d'hydraulique ordinaire, on a

$$T = T' + T''$$

Travaux préparatoires. Il n'est pas nécessaire, comme dans le limonage, de régulariser primitivement la surface du sol, car le limon et les graviers combleront les parties basses.

On commence par entourer le champ d'un fossé dit de ceinture, servant à recevoir les eaux d'infiltration ; les terres extraites de ce fossé sont destinées à établir une digue de ceinture (désignée dans le midi sous le nom de turcie). Le faîte de la

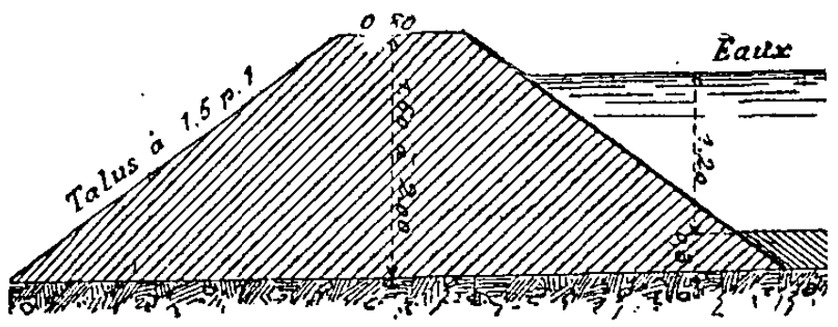


Fig. 397. — *Profil d'une turcie des colmatages des vallées de l'Isère et du Var.*

turcie sera dressée suivant un plan de niveau et toujours à $0^m,20$ au moins au-dessus du point d'affleurement de la couche d'eau. Cette couche d'eau varie de $0^m,50$ à $0^m,60$; dans les grands colmatages (vallées de l'Isère et du Var), on est allé jusqu'à $1^m,50$, au début, et $1^m,20$, à la fin de l'opération. Les talus sont inclinés à 1 p. 1 ou 1 p. 1,5 suivant la nature des terres ; on réserve entre le

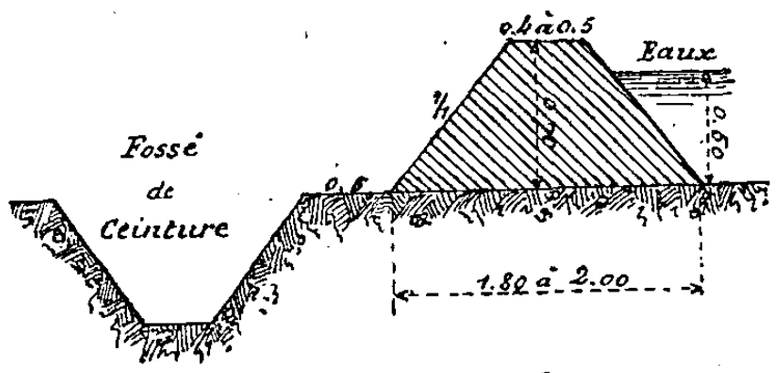


Fig. 398. — *Profil d'une turcie d'un petit chantier de colmatage (vallée de la Durance).*

fossé de ceinture et le pied de la digue une banquette de $0^m,50$ à 1 mètre de largeur (fig. 397 et 398).

Lorsque le terrain est en pente, on le divise en compartiments ou bassins de dépôt dont la largeur L soit telle que la différence de niveau de l'eau dans deux compartiments consécutifs soit de $0^m,10$ environ et qu'en ce point l'épaisseur de la couche d'eau soit de $0^m,20$ au minimum, soit une dénivellation de $0^m,30$ en moyenne. En désignant par α l'angle d'inclinaison du sol sur l'horizon-

tale, on a pour la largeur L d'un compartiment

$$L = 0{,}30\ (\text{cotg}\,\alpha)$$ (fig. 399).

Ces compartiments sont séparés par des digues que l'on élève suivant les courbes de niveau du terrain, en prenant les terres dans un fossé situé immédiatement en aval de la digue. Si le sol est horizontal, $\alpha = 0$ et $L = \infty$, c'est-à-dire que les bassins sont d'une étendue infinie. Malgré cela, on

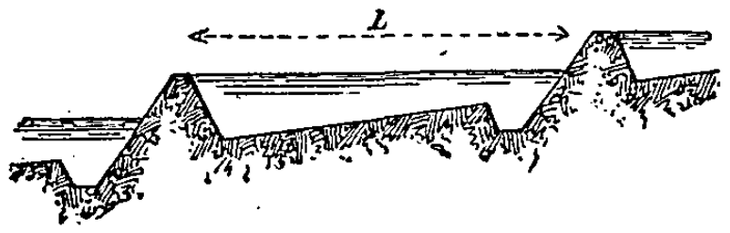


Fig. 399. — *Profil d'un terrain incliné disposé pour le colmatage.*

divise le champ en petits compartiments par des bourrelets de terre de 0m,50 à 0m,80 d'élévation. Les dimensions pratiques de ces chambres de dépôt sont très variables, et d'autant plus grandes que la rivière charrie un cube de limon plus considérable, ainsi dans les colmatages suivants, les bassins de dépôt avaient une superficie moyenne :

Vallée de l'Isère	25 hect.
— du Var.	10 —
— de la Durance.	3.4

Une fois le colmatage terminé, les cultures suffiront pour faire disparaître les bourrelets et les inégalités.

Conduite de l'opération. Si le terrain à colmater doit subir un faible exhaussemont (0m,10 à 0m,20) on n'admettra que les dépôts fins et fertilisants, au contraire, si le remblai doit être plus considérable, il est bon, au début des travaux, d'accélérer le colmatage en favorisant le dépôt des gros sables et graviers charriés pendant les crues.

On peut provoquer le dépôt de ces matériaux soit en diminuant la vitesse du courant, soit en l'anéantissant complètement, d'où deux sortes de colmatage :

Colmatage { obtenu par le repos { absolu de l'eau } dit colmatage intermittent. ; relatif de l'eau } dit colmatage continu. }

Colmatage intermittent. On fait arriver les eaux troubles dans les compartiments et on la laisse en repos absolu, puis lorsqu'elle s'est suffisamment clarifiée, on l'évacue on ouvrant les déversoirs ; ensuite on admet une nouvelle couche d'eau, et le cycle recommence.

Colmatage continu. Les compartiments étant remplis d'eau, on continue à leur en fournir en laissant échapper à aval une égale quantité d'eau éclaircie. Dans ce cas, la vitesse d'écoulement à la sortie doit être bien plus faible qu'à l'entrée, c'est-à-dire que la section du déversoir sera bien plus grande que celle du canal d'amenée. Si, pendant la conduite des travaux, il s'établit un courant suivant une certaine direction, qui ravine le fond et empêche les dépôts subséquents, on le force à s'étaler et à passer par un autre endroit, en le barrant par une petite levée de terre de 0m,25 à 0m,30 de hauteur.

Les *travaux accessoires* du colmatage sont les canaux d'amenée, de fuite et les vannes. Afin que les limons ne se déposent dans le canal d'amenée, il faut que sa pente soit telle que la vitesse de fond soient au minimum 0m,15 pour les argiles et limons fins ; 0m,30 pour le sable fin ; 0m,95 pour les cailloux.

En amont, le canal sera muni d'une vanne ou martellière de prise d'eau. A l'aval, il faut avoir soin que les eaux ne s'échappent pas par un orifice inférieur, qui, produisant un courant de fond, ravinerait le dépôt d'alluvions ; on y installe une vanne en déversoir (les déversoirs à poutrelles sont préférables).

Résultats. L'exhaussement marche plus ou moins rapidement suivant le régime du cours d'eau alimentant la colmate, ainsi dans la vallée de la Durance on obtenait une épaisse de 0m,40 à 0m,60 par an. Dans les vallées de l'Ariège, l'Hérault, la Drôme et l'Ardèche, le colmatage revevait en moyenne à 300 francs l'hectare. Dans la vallée de la Durance, à 450 francs.

C'est surtout en Italie et dans le midi que l'on trouye de grands exemples de colmatages, ainsi les Maremmes de la Toscane (12,000 hectares) ont été desséchées et assainies par le colmatage. Le Val de la Chiana (Toscane) comprenant une étendue de 10,500 hectares qui, vers le VIe siècle n'étaient que marais insalubres et inhabités, est aujourd'hui colmaté ; en 1860, il y avait 6,700 habitants (60 par kilomètre carré). La fertilité de ses alluvions est énorme, car on y trouve 1,6 tête de gros bétail par hectare ; le revenu net de ces terres est de 90 francs l'hectare et leur prix de vente de 3,000 francs.

Dans la vallée de l'Isère (6,000 hectares) les terres valant 500 francs avant le colmatage se vendent actuellement 4,000 francs, soit huit fois plus. Les terrains colmatés sur la rive gauche du Var se vendent 6,000 francs l'hectare et valaient primitivement 4,000 à 5,000 francs. Dans la vallée de la Durance (dépôt de 0m,27 : eaux dérivées du canal Crillon) le colmatage a donné une plus-value de 2,700 francs l'hectare. En général, on peut fixer à 1 franc la valeur du mètre cube d'alluvion. En voici quelques exemples :

	Valeur du mètre cube d'alluvion
Colmatage de la Durance	1 26
— de l'Ouvèze (Vaucluse). . . .	1 20
— de la Basse-Seine	1 03

M. R.

COLOMBAGE. *T. de constr.* Rang de solives posées à plomb dans une cloison de charpente, dans un pan de bois.

***COLOMBE.** *T. de constr.* Grosse solive, posée à plomb dans le système de charpente appelé *colombage*. || *T. techn.* Sorte de varlope. || Billot de bois carré, à l'usage du tonnelier.

***COLOMBE, COLOMB** ou **COLUMB** (Michel), soulpteur français. A le juger d'après les œuvres, malheureusement bien rares, qui nous restent de sa main savante, Michel Colombe a dû être, aux derniers jours du XVe siècle, l'expression la plus exacte de

l'idéal que poursuivait alors la statuaire française. L'art ancien durait encore, mais déjà une sorte de fleur italienne venait se mêler à sa grâce naïve et robuste. Si, comme l'écrit Jehan Lemaire dans une lettre de 1511, « le bonhomme Coulombe » est, à cette époque, âgé d'environ quatre-vingts ans, il est né vers 1431 : c'est là une date approximative qui doit être provisoirement acceptée. D'où venait Michel Colombe ? On ne le sait pas. Ses origines sont mystérieuses, la première partie de sa vie est inconnue. Au début de sa longue carrière, l'artiste a dû voyager. Tout semble prouver qu'il a fait quelque séjour à Dijon et qu'il a vu, au temps de sa jeunesse, les tombeaux des ducs de Bourgogne, car, un peu avant de mourir, dans un contrat daté du 3 décembre 1511, il parle encore avec émotion de « maistre Claux et de maistre Anthoniet, souverains tailleurs d'ymaiges » qui avaient sculpté ces admirables monuments. Un manuscrit cité par M. de Grandmaison, dans son livre *Tours archéologique* (1879), donnerait à penser que Michel Colombe résidait à Bourges en 1467. Cette date est la plus ancienne que l'on ait encore trouvée pour lui constituer un commencement de biographie. Les œuvres ignorées ou perdues qu'il a pu produire pendant cette première période devaient sans doute être scrupuleusement fidèles au style du xv^e^ siècle ; peut-être se rattachaient-elles à l'école de Bourgogne, qui, on le sait, faisait une si grande part au naturalisme.

Un document mis en lumière par Benjamin Fillon prouve qu'en 1473, Michel Colombe était déjà établi à Tours. Il y demeura près de quarante ans : c'est dans ce sens qu'on doit le considérer comme tourangeau et que Jean Brèche a pu, dans un livre de 1552, écrire à propos de lui : « *Inter statuarios et plastas extitit Michael Columbus, homo nostras.* » Le sculpteur commençait à être célèbre, car Louis XI l'employa dès 1473 à l'exécution d'un bas-relief en albâtre qu'il fit placer à l'église de Saint-Michel-en-l'Herm. Cet ouvrage, détruit par les protestants en 1569, représentait l'archange Saint-Michel perçant un sanglier de sa lance à côté d'un roi en prière. Le motif n'avait pas été choisi au hasard : c'était une allusion à un accident survenu à Louis XI lui-même, qui, dans une partie de chasse aux environs de Mortagne, avait vu son cheval éventré par un animal de mauvaise humeur. Satisfait de cette première œuvre, le roi chargea Colombe d'étudier un projet de monument destiné à lui servir de tombeau (1474). L'année suivante, le maître s'occupait d'un travail analogue : il s'agissait de préparer une tombe pour Louis Rouault, évêque de Maillezais.

Comme la plupart des artistes nés au xv^e^ siècle, Michel Colombe avait des aptitudes très diverses. Le 24 décembre 1500, Louis XII, revenant du Milanais, fit à Tours une entrée solennelle. Nous voyons alors le sculpteur employé par la ville à dessiner les costumes pour le mystère qui fut représenté devant le roi, et notamment à « faire le mousle du harnois de Turonus. » Colombe donna en même temps le modèle de la médaille qui fut frappée à cette occasion et qui, exécutée en or par l'orfèvre Jean Papillon, montre d'un côté le buste de Louis XII et de l'autre le porc-épic surmonté d'une couronne fleurdelysée. La Bibliothèque nationale possède un exemplaire de cette précieuse médaille.

De 1502 à 1507, Michel Colombe, aidé de quelques collaborateurs, travailla au monument qui devait être son chef-d'œuvre, le tombeau de François II, duc de Bretagne, et de sa femme Marguerite de Foix. Placé à l'origine dans l'église des Carmes de Nantes et transporté, en 1817, dans la cathédrale, ce mausolée, dont on peut voir un moulage au musée du Trocadéro, est une des créations les plus importantes de la Renaissance française. Il semble résulter de documents récemment découverts que la disposition architecturale du tombeau et le choix des éléments qui le composent appartiennent en propre au peintre d'Anne de Bretagne, Jehan Perréal ; mais l'exécution en marbre est l'œuvre de Michel Colombe, de son neveu Guillaume Regnault, de son disciple Jehan de Chartres et de « deux tailleurs de maçonnerie antique italiens ». C'est évidemment à ces deux sculpteurs venus d'Italie et dont on ignore les noms qu'il faut attribuer les pilastres semés d'arabesques qui décorent les niches dans lesquelles sont placées les statuettes des apôtres ; mais toute la partie véritablement sculpturale, les statues couchées de François II et de Marguerite de Foix, les apôtres dont nous venons de parler et les quatre admirables figures debout aux angles du tombeau sont de la main de Michel Colombe et de ses élèves. Ces figures, dont la célébrité ne peut que grandir, représentent la Force, la Tempérance, la Prudence et la Justice. Par l'intimité des types, bien dignes d'un temps où la sculpture avait le culte du portrait, par l'heureuse fantaisie des accoutrements et des coiffures, par la beauté sereine du travail, si large à la fois et si souple, ce sont de véritables chefs-d'œuvre et des chefs-d'œuvre bien français, car c'est à peine si l'on y trouve ça et là quelques traces de l'italianisme qui, sous François I^er^, allait envahir notre école.

L'infatigable Michel Colombe travailla encore pour les Carmes de Nantes. Il fit, ou du moins il commença pour le maître-autel de leur église un rétable composé d'un Christ crucifié et des figures de saint François et de sainte Marguerite, les protecteurs du duc et de la duchesse de Bretagne. L'œuvre ne paraît pas avoir été terminée.

La réputation du maître sculpteur étant désormais consacrée, les commandes lui venaient de toutes parts. Le cardinal d'Amboise, fort occupé alors de la construction du château de Gaillon, fit faire à Michel Colombe, pour décorer l'autel de la chapelle, un bas-relief représentant *Saint Georges combattant le dragon*. Un extrait des comptes publiés par M. Deville nous apprend que ce travail date de 1508. Le *Saint Georges* est aujourd'hui au Louvre. Par son caractère légèrement archaïque, ce bas-relief montre que le vieux maître avait quelque peine à renoncer aux doctrines qu'il avait aimées dans sa jeunesse.

Vers la même époque, Michel Colombe, associé à son neveu Guillaume Regnault, faisait pour l'église de Saint-Sauveur, à la Rochelle, un groupe

figurant l'*Ensevelissement du Christ*. Le contrat est de 1507, la quittance est de 1510. Ce groupe, qui a été détruit avec l'église qu'il décorait, était tout à fait conçu dans les données traditionnelles chères à l'école menacée par l'art nouveau. On en appréciera le caractère, si l'on veut bien se souvenir qu'il avait été complètement enluminé par un peintre de Tours, Bernard du Patiz.

Les vieux registres et les anciens écrivains nous révèlent l'existence d'autres œuvres également disparues. Michel-Colombe avait sculpté pour l'Eglise Saint-Saturnin, à Tours, un bas-relief fort admiré, la *Mort de la Vierge*. L'auteur de la *Décoration du pays de Touraine,* Thibault Lepleigney, nous en parle en termes significatifs lorsqu'il dit qu'il était « fait selon le naturel ». Conformément à l'usage, ce bas-relief avait d'ailleurs été « painct d'or et d'azur. » La sculpture cherchait alors la vie et, au risque de paraître un peu barbare, elle faisait bon ménage avec la couleur. Les informations précises nous manquent au sujet d'une statue de Saint-Maur que Colombe avait taillée pour l'église Saint-Martin de Tours ; enfin un document de 1510 le montre de nouveau occupé à travailler pour la cathédrale de Nantes : il achevait alors le tombeau en marbre blanc de l'évêque Guillaume Guéguen. Cette statue, volée en 1793, a depuis lors été brisée et vendue à un mouleur. Quelques fragments existaient encore lorsque Guépin publiait son *Histoire de Nantes*, en 1839.

Aux derniers jours de sa vie, Michel Colombe, parvenu à l'âge de quatre-vingts ans, faisait en 1511, sous l'inspiration du peintre Jehan Perréal, les maquettes en terre de quelques-unes des statues que Marguerite d'Autriche voulait placer à l'église de Brou pour décorer le tombeau de Philibert de Savoie. Un buste ou, comme l'artiste l'écrit lui-même, « ung visaige » de *Sainte Marguerite* fut envoyé à Bruxelles à titre d'échantillon. Colombe allait poursuivre son œuvre lorsque la mort le surprit. D'après divers textes, qu'il ne nous est pas possible de reproduire, le vieux maître a dû s'éteindre entre le 20 juillet et le 17 octobre 1512.

N'est-il pas lamentable d'être contraint d'avoir recours à des contrats, à des pièces de comptabilité pour se faire une idée, très incomplète d'ailleurs, des vigoureuses créations d'un artiste qui, au témoignage d'un contemporain, était estimé « le plus savant en son art qui fust en chrestienté » ? Et, en effet, il ne reste que trois ouvrages de Michel Colombe : la médaille de Louis XII frappée à Tours en 1500, le *Saint Georges* du Louvre et le tombeau du duc et de la duchesse de Bretagne à la cathédrale de Nantes. Il est vrai que ce monument est un chef-d'œuvre et qu'il permet de juger l'homme et le temps. A l'heure où le moyen âge va finir, Michel Colombe apparaît comme l'inspirateur d'une puissante école ; il a groupé autour de lui une famille de sculpteurs, il les a maintenus dans les traditions du xv^e^ siècle, et cependant il ne refuse pas de se laisser toucher par les effluves printanières qui, venant de l'Italie, se répandaient déjà sur le monde. Michel Colombe ne connut ni les Florentins, ni les Milanais : il les devina. Il est bien, dans l'histoire de la sculpture française, le statuaire de la transition, le maître de la saison charmante où l'ancienne naïveté, tout en restant robuste encore, commence à s'acheminer vers la grâce. — P. M.

* **COLOMBELLE.** *T. typogr.* Filet qui sépare deux colonnes.

COLOMBIER. Bâtiment dans lequel on loge les pigeons. || Papier grand format dont la dimension est double de celle du grand raisin. || Grand espace que le compositeur d'imprimerie met entre les mots. || Pièce de bois qui fait partie du bec d'un navire en construction.

COLOMBIN. *T. de peint.* Espèce de laque. || *T. de céram.* Boudin de pâte destiné soit à former certaines poteries, en le façonnant à la main, ou au tour, soit à luter les cazettes qu'on empile dans le four. || Morceau de pâte, de forme variable, employé pour faire les pieds de certains vases ou pour fermer les joints des moules, au moment du coulage du plâtre. || Amas de matière non broyée chassé sur les bords de la cuvelle où l'on broie le pétunzé. || Bassin employé par le faïencier pour recevoir la composition de la fritte. — V. Céramique, § *Technologie* || *T. de constr.* Petite cloison ménagée au pourtour des carreaux de poêles ou de garnitures de cheminées. || Nom d'un minerai plombifère.

* **COLOMBINER.** *T. de céram.* Placer au moment de l'enfournement les colombins sur le champ des parois supérieures des cazettes.

COLONIES FRANÇAISES (1). Les colonies françaises peuvent se diviser en trois groupes : celles de l'Océan atlantique, celles des mers de l'Indo-Chine et celles du Pacifique. Le premier groupe comprend, sur la côte orientale d'Amérique, les îles Saint-Pierre et Miquelon, la Guadeloupe et ses dépendances, la Martinique et la Guyane, et sur la côte occidentale d'Afrique, le Sénégal et dépendances, les comptoirs de la Côte d'Or et le Gabon.

I. **Saint-Pierre et Miquelon.** Saint-Pierre est une île de 2,500 hectares. La grande et la petite Miquelon, reliées par une langue de sable, ont une superficie l'une de 12,000, l'autre de 9,000 hectares. Elles comptent 5,224 individus, y compris la population flottante qui est de 1,076 âmes.

Productions naturelles. La stérilité de ces îles et la rigueur prolongée de leur hiver s'opposent à ce que les cultures puissent y prendre quelque développement. Saint-Pierre n'est qu'un rocher à peu près dépourvu de terre végétale, et ne contient que quelques jardins dans sa partie méridionale. La végétation naturelle de l'île se compose de broussailles épaisses et rampantes et d'arbres verts s'élevant rarement à plus de 3 mètres. Il existe cependant quelques fermes qui entretiennent un peu de bétail avec le fourrage recueilli sur les plateaux. Le sol de Langlade (Petite Miquelon) est plus favorable à la culture que celui de Saint-Pierre : on y compte onze fermes. Saint-Pierre n'en renferme que trois.

Industries. La pêche et la préparation de la morue constituent la principale industrie de ces îles. Ces deux

(1) Si le lecteur veut bien se reporter à la note de la page 117 du tome I, il se rendra compte des motifs qui nous ont amené à distribuer, selon l'ordre alphabétique, les documents recueillis pendant notre *dernière Exposition*. Notre étude des Colonies, complétée depuis cette époque, est une nouvelle preuve des efforts que nous faisons pour rendre notre œuvre aussi intéressante que possible.

opérations sont pratiquées soit par les pêcheurs venant chaque année de France, soit par ceux qui habitent la colonie et que l'on nomme résidents.

Toutes les industries maritimes sont en outre représentées à Saint-Pierre, et y prospèrent. Les charpentiers, les calfats, les forgerons, les poulieurs, les tourneurs, etc., etc., sont dans l'hiver constamment occupés à réparer et à entretenir les nombreux bâtiments de pêche, dont la totalité a été en 1880 de 213 goëlettes, 207 warys et 77 pirogues, canots, chaloupes et doris. Il se construit aussi dans la colonie des navires, réputés pour leur bonne tenue à la mer. Leur grandeur varie de 50 à 200 tonneaux.

L'industrie de la pêche de la morue est favorisée par l'allocation de primes divisées en primes d'armement et en primes sur les produits.

Ports et marchés. Les deux ports de la colonie sont : Saint-Pierre et Miquelon (annexe de Saint-Pierre). Le marché principal est Saint-Pierre et le seul proprement dit. C'est là que se centralisent les affaires et se déposent les produits de pêche et autres, les objets, matières et denrées, destinés à la consommation locale ou à être réexportés.

La colonie reçoit de la métropole et du continent américain tous les objets et toutes les denrées, marchandises, etc., nécessaires aux besoins du commerce et de la navigation. Les principaux objets importés de France sont les étoffes, la quincaillerie, la bimbeloterie, le beurre, le lard salé, le sel, le vin, le cidre, les alcools, les ustensiles de pêche et, enfin, tous les articles que la colonie ne peut créer ou se procurer chez nos voisins.

L'Angleterre, l'Amérique et les Etats du Dominion importent le bétail, la volaille, le foin, les grains et la farine, le beurre, les légumes, les articles de poêlerie en fonte, le charbon de terre, l'anthracite, le bois de construction et de chauffage, etc.

La valeur des importations dans la colonie s'est élevée à 8,850.385 francs en 1880 ; celle des exportations à 9,284,252 francs. Ces dernières ont consisté en : boucants montés, morue verte, morue sèche, huile de morue, issues de morue, rogues, cuir vert, ancres, chaînes et grappins en fer, cordages neufs et vieux, filets et ustensiles de pêche, eau-de-vie, lard et bœuf salés, toile à voiles, sirops divers, cuivre vieux, bois dur et de sapin, avirons de spruce et de frêne, farine, merrains, pelleteries, planches et madriers, rhum et tafia, tissus de coton, laine, mélangés ordinaires.

Tarifs douaniers. Port franc pour les marchandises françaises, 1 0/0 sur les marchandises étrangères sortant des entrepôts de France et sur la farine étrangère, 2 0/0 sur les marchandises étrangères venant des pays étrangers. Port franc pour le navire et la cargaison, lorsque cette dernière est composée d'animaux servant à l'alimentation, d'œufs, de légumes, de fruits, de charbon de terre, de bois de chauffage et d'appât pour la pêche. Le sel n'est assujetti à aucun droit. Les spiritueux de provenance française acquittent un droit de 12 francs par hectolitre à 43° et proportionnellement jusqu'à 88°, lorsqu'ils atteignent 89° de 24 francs. Ceux de provenances étrangères, 15 francs à 43° et 30 francs à 89°. Les tabacs de toute origine, 40 francs les 100 kilogrammes. Par 1,000 cigares, 10 francs.

627 navires français, et 1,065 navires étrangers sont entrés aux îles de Saint-Pierre et Miquelon en 1880.

Communications. Les îles sont reliées directement à la France au moyen de paquebots anglais. Un service bimensuel effectué par un steamer postal appartenant à une compagnie franco-anglaise relie Saint-Pierre à Halifax qui est la tête de la ligne de Liverpool. En février et mars, ce steamer ne fait qu'un voyage par mois. Saint-Pierre est également en rapport avec la ligne Allan par les steamers anglais de Saint-Jean de Terre-Neuve, dont les départs de Saint-Jean pour Saint-Pierre et *vice-versa* coïncident généralement avec les dates des passages, aller et retour des paquebots Allau qui touchent à Saint-Jean, du mois de mai au mois de janvier suivant inclus. La colonie est, en outre, en communication directe et constante avec l'Europe et l'Amérique, au moyen des câbles transatlantiques, français et anglais.

II. **Guadeloupe et dépendances.** La Guadeloupe est une île de 444 kilomètres de circonférence. Ses dépendances consistent en plusieurs petites îles qui sont : Marie-Galante, La Désirade, le groupe des Saintes, Saint-Martin (partie française) et Saint-Barthelemy qui appartient à la France depuis 1877. L'ensemble de leur population s'élève à 158,470 âmes auxquelles il faut ajouter 738 fonctionnaires, 681 hommes de troupes, 23,675 immigrants et une population flottante de 9,171 individus. Le chef-lieu de la colonie est la Basse-Terre. La superficie de la Guadeloupe et de ses dependances est de 194,851 hectares dont 89,087 sont en friche, 15,022 en savanes, 42,389 en bois et forêts, le reste est cultivé en cannes à sucre (20,574 hectares), vanille, girofle, vivres (6,294), manioc (5,236), café, coton, cacao, tabac, rocou, fécules diverses, fourrages et hattes. Le commerce de ces îles avec la France s'est élevé, en 1880, à 33,559,539 francs, savoir :

Exportation de la France pour la colonie : 11,631,849 fr. ; *importation de la colonie en France :* 21,927,690 fr. La Guadeloupe a exporté, en outre, pour 236,805 francs de produits dans les autres colonies françaises et en a reçu pour 1,336,174 francs. Enfin, elle a exporté à l'étranger pour 9,975,185 francs et elle en a reçu pour 13,584,627 francs. L'ensemble de ces sommes donne un total de 58,692,330 francs.

471 navires à l'entrée et 380 à la sortie ont transporté ces denrées et ces marchandises ; sur ce total 389 sont des navires français.

Principaux ports et marchés. Les ports ouverts au commerce à la Guadeloupe et dans ses dépendances sont ceux de la Basse-Terre, de la Pointe à Pitre, du Moule, de Port Louis, du Grand-Bourg, de Marie Galante, de Gustavia (île Saint-Barthelemy) et du Marigot (île Saint-Martin). Ce dernier port jouit d'une franchise complète. La Basse-Terre, la Pointe à Pitre, le Moule et le Grand Bourg ont des entrepôts réels de douanes.

Droits d'entrée. Les bâtiments français et étrangers peuvent, sous le paiement des droits déterminés, introduire dans la colonie les marchandises de toutes provenances et en exporter à toutes destinations, tant les marchandises d'importation que les denrées du sol.

A l'entrée, les seules denrées similaires de celles du crû de la colonie sont restées soumises au droit du tarif général de la métropole.

Le droit de consommation ne porte que sur un petit nombre d'articles, mais notamment sur ceux de grand débit. Les tabacs, en feuilles et fabriqués, les boissons fermentées et les cartes à jouer sont les plus fortement imposés à ce titre.

Le droit d'octroi de mer s'applique, sauf quelques exceptions, à toutes les importations. Les marchandises acquittent ce droit à des taux différents. Elles paient, pour la plupart, 6 0/0 de la valeur ; celles de nécessité première ou destinées aux usines, aux établissements et exploitations agricoles, 3 0/0 au plus ; pour les objets de luxe, ce taux s'élève jusqu'à 15 0/0. Certains articles sont admis en franchise, tels que les armes, munitions et effets de guerre de la marine de l'Etat ; l'eau congelée et les comestibles conservés dans la glace ; les objets destinés au culte ; les livres des bibliothèques particulières ; les objets et effets hors de commerce apportés par leurs propriétaires ; le matériel nécessaire au service de la compagnie *West India and Panama Telegraph*.

Les marchandises que le commerce destine à la réexportation ou qu'il a intérêt à ne pas livrer immédiate-

ment à la consommation, sont reçues à l'entrepôt moyennant un droit de magasinage de 3 0/0 par an.

Droits de sortie. Les principales denrées du crû de la colonie sont seules soumises à un droit de sortie qui se perçoit suivant le tarif ci-après :

Par 100 kilogrammes de sucre.	2 fr.
Par — — de café	5 »
Par hectolitre de rhum et de tafia	2 »
Par 100 kilogrammes de coton	2 »
Par — — de cacao.	2 »
Par — — de roçou.	1 25
Par hectolitre de mélasse.	1 »

Plus un décime additionnel.

Il est perçu, en outre, au profit des communes de provenance des denrées et suivant le taux qu'elles votent chaque année, d'après un *maximum* fixé par l'administration, une taxe additionnelle au principal des droits de sortie. Cette taxe pour l'année en cours varie de 3 à 30 centimes. Les sucres provenant de l'arrondissement de la Pointe-à-Pitre sont de plus frappés de deux autres centimes additionnels au profit de la chambre d'agriculture de la Grande-Terre.

Les bâtiments de tous pavillons qui fréquentent les ports de la colonie, comme ceux qui y sont attachés, sauf à Saint-Martin où la franchise est absolue, sont encore passibles des droits et taxes de navigation, de port et de quais.

Moyens de communication avec la France, etc. Indépendamment du câble télégraphique de la compagnie anglaise *West India and Panama*, qui relie la Guadeloupe aux colonies et pays voisins, au continent américain et à l'Europe, ses relations extérieures s'effectuent par la voie rapide des paquebots à vapeur français et anglais passant, les premiers à la Basse-Terre et à la Pointe-à-Pitre quatre fois par mois; les seconds touchant à la Basse-Terre seulement et quatre fois chaque mois.

Ports et marchés. Il existe deux ports dans la colonie : Saint-Pierre (le chef-lieu) et Miquelon (port annexe de Saint-Pierre).

III. **Martinique.** La Martinique fait partie du groupe des Antilles, comme la Guadeloupe, dont elle n'est éloignée que de 200 kilomètres. Elle compte 166,100 habitants. La superficie totale des terres est de 98,702 hect., dont 33,913 en culture et 64,789 en friches, c'est-à-dire en savanes, bois et forêts, dépendances des habitations, terrains vagues appartenant au domaine ou aux particuliers. La canne à sucre (19,200 hectares), les vivres (13,315 hectares), le café, le coton, le cacao, le tabac, etc., occupent le reste. Le nombre des habitations rurales s'élève à 6,301, y compris 5,478 consacrées à la culture des vivres, sans compter 44 chaufourneries et 6 poteries. Les terres employées aux cultures sont estimées à 39,210,000 francs. La valeur des bâtiments et du matériel d'exploitation est de 51,880,000 francs. On compte, à la Martinique, 564 habitations sucrières, dont 88 possèdent des moulins à vapeur. Il y a, en outre, 15 usines centrales à sucre.

Cultures et produits. Le produit des cultures, pendant l'année 1880, a été de 27,610,508 francs, sur laquelle somme les sucres bruts, terrés et d'usine, ainsi que les sirops, la mélasse et les tafias provenant de la canne, représentent une valeur de 22,794,700 francs, Le nombre total des travailleurs employés à ces cultures et aux industries, y compris celles des chaufourneries et des poteries, a été, en 1880, de 57,492, indépendamment de 8,185 autres travailleurs non attachés à ces travaux.

Exportations et importations La Martinique exporte les produits que nous avons énumérés ci-dessus.

Elle reçoit en échange ceux qui conviennent aux pays agricoles, c'est-à-dire la plupart des objets nécessaires aux constructions, à l'agriculture et aux besoins de la population.

Par suite, les importations comprennent presque tous les produits de l'industrie des pays manufacturiers.

Mouvement commercial. En 1880, le mouvement commercial de la colonie a présenté les chiffres suivants à l'entrée :

Importations	de France.	14.087.100
	des colonies françaises. . .	979.115
	de l'étranger..	17.327.405
Valeur générale des importations . . .		32.393.620

Les exportations effectuées pendant la même année se sont divisées comme il suit :

Exportations	pour la France	25.507.523
	pour les colonies françaises.	602.295
	pour l'étranger..	8.756.994
Valeur générale des exportations . . .		34.866.812

Ce commerce a donné lieu à un mouvement maritime représenté par 1771 navires à l'entrée et 985 à la sortie, sur lesquels 658 sont français.

Ports et marchés. La Martinique possède six ports : ceux de Fort-de-France, de Saint-Pierre, de la Trinité, du Marin, du François et de Sainte-Marie. Les deux premiers sont les principaux. Celui de Fort-de-France est excellent, le plus facile, le plus sûr et le plus vaste des Antilles.

La *Compagnie générale transatlantique* y possède un port spécial où les passagers et les marchandises sont embarqués et débarqués bord à quai. Fort-de-France possède de plus un bassin de radoub susceptible de recevoir les plus grands navires de l'Etat. Le port de Saint-Pierre est l'entrepôt des produits de l'industrie française destinés au commerce avec l'archipel des Antilles et l'Amérique. C'est le marché le plus important des sucres, des tafias et des autres denrées de la colonie. C'est de Fort-de-France et du Cohé du Lamentin que s'exportent les sucres et rhums des quatre usines de ces communes, ceux des usines du Petit-Bourg et de la Rivière-Salée. Les navires viennent prendre aux ports de la Trinité, du Marin, du François et de Sainte-Marie les sucres des sept usines qui en sont voisines ou peu éloignées.

La Martinique compte deux villes : Fort-de-France et Saint-Pierre, chefs-lieux de deux arrondissements : la première, siège du gouvernement ; la seconde, résidence de l'évêque ; quatre grands bourgs, vingt petits bourgs ; en tout vingt-quatre communes.

Moyens de communication avec la France. La Martinique est reliée à la France par un service régulier de paquebots français partant de Saint-Nazaire les 6 et les 21 de chaque mois et arrivant à Fort-de-France le 21 du même mois et le 3 ou le 5 du mois suivant.

IV. **Guyane.** La Guyane française est comprise entre les 2° et 6° de latitude nord. Le vague de ses limites ne permet pas d'en déterminer exactement l'étendue. On peut dire seulement que la longueur de ses côtes, depuis le Maroni jusqu'à la rivière Vincent Pinçon est de 500 kilomètres sur une profondeur qui, poussée jusqu'au Rio-Branco, ne serait pas moindre de 1,200 kilomètres et donnerait une superficie triangulaire de 18,000 lieues carrées. La superficie des 14 quartiers de la colonie donne un ensemble de 1,308,739 hectares.

Les cultures de la Guyane consistent en cannes à sucre, caféiers, cotonniers, cacaoyers, girofliers, roucouyers, poivriers, muscadiers et cannelliers, cocotiers, carapas et autres graines oléagineuses, fourrages, vivres et riz, qui couvrent une superficie de 3,439 hectares, emploient 3,475 travailleurs occupant 1,134 habitations. A ces chiffres il convient d'ajouter 193 hattes, 1 briqueterie, 15 chantiers forestiers, 1 distillerie, 89 porcheries et 105 exploitations aurifères, qui emploient ensemble 3,097 travailleurs. En 1880, les produits de l'industrie forestière (chêne de forêt, teck, angélique, coupi, bois

violet, wacapou, balata, courbaril, taoub, saint Martin, cèdre noir, hêtre et peuplier injectés) se sont élevés à 73,000 francs ; ceux des briqueteries, à 65,000 francs, et ceux des exploitations aurifères à 6,225,000 francs. Pour la même année, l'industrie des hattes et porcheries a donné 108,125 francs de produits. Les 6,572 travailleurs de la Guyane se divisent ainsi : 1,933 immigrants, 4,356 ouvriers indigènes et 283 transportés libérés.

La population de la Guyane comprend 17,374 individus, dont la population blanche forme le quinzième, et parmi lesquels ne sont pas compris 2,287 Indiens, 1,020 militaires, 235 fonctionnaires. 74 sœurs de Saint-Joseph et de Saint-Paul, 25 prêtres, 5,024 immigrants africains, indiens, chinois et annamites, et 1,274 transportés hors pénitenciers. La population flottante est d'environ 8,800 âmes.

La Guyane a exporté, en 1880, pour une valeur de 807,081 francs, et elle a reçu une valeur de 7,986,739 francs. Ce commerce a occupé 170 navires français et étrangers. C'est à Cayenne que se centralise actuellement tout le mouvement des importations et des exportations, qui s'opèrent partout avec Nantes, Bordeaux, Marseille, les Antilles françaises, le Brésil et les Etats-Unis.

Moyens de communication avec l'Europe. Depuis 1865 les relations de la colonie avec la Métropole sont assurées au moyen d'un service de bateaux à vapeur français confié à la Compagnie générale transatlantique. Une fois par mois, et en coïncidence avec le passage à Fort-de-France (Martinique), des grands paquebots d'Europe qui ont Saint-Nazaire pour port d'attache, et Colon (Aspinwall), au fond du golfe de Honduras (Nouvelle-Grenade), comme point d'aboutissement, un vapeur de la Compagnie dessert, entre Fort-de-France et Cayenne, une ligne dont les escales sont Sainte-Lucie, la Trinidad, Demerara (Guyane anglaise), et Paramaribo (Surinam).

Ce courrier est attendu à Cayenne le 29 de chaque mois, avec les passagers et dépêches pris, soit le 7 à Saint-Nazaire, soit le 22 à Fort-de-France ; son départ est fixé au 3 du mois suivant et le 9 il doit être de retour à Fort-de-France pour effectuer le transbordement des provenances de la ligne intercoloniale sur le grand paquebot qui part le lendemain 10 pour Saint-Nazaire, où il arrive le 24.

En dehors du courrier français, la Guyane a encore une autre occasion mensuelle pour entretenir des relations avec l'Europe, grâce à une série de combinaisons qui la mettent en communication avec le paquebot à vapeur anglais partant le 7 et le 17 de chaque mois de Southampton pour Saint-Thomas, où il arrive après une traversée de 12 à 14 jours.

Droit fixe de sortie. Un décret colonial de 1837 a imposé un droit fixe de sortie, représentatif de la contribution foncière, sur les denrées et produits suivants, et dans la proportion ci-après indiquée :

Sucre brut ou terré, pour 100 kilogrammes, par navires français ou étrangers	1 10
Café, pour 100 kilogrammes, par navires français ou étrangers	4 »
Coton, pour 100 kilogrammes, par navires français ou étrangers	3 »
Rocou, par nav. franç. ou étrang., 3/0 sur la valeur.	
Girofle, pour 100 kilogrammes, par navires français ou étrangers	2 »
Griffes de girofle, pour 100 kilogrammes, par navires français ou étrangers	» 50
Tafia, pour 100 litres, par navires français ou étrangers	» 50
Cacao, pour 100 kilogrammes, par navires français ou étrangers	1 »
Mélasse, pour 100 litres, par navires français ou étrangers	» 50
Peaux de bœufs, pour chacune, par navires français ou étrangers	» 50

Droit proportionnel sur la valeur de l'or natif exporté de la colonie. Toute exportation d'or natif doit être déclarée au service de la douane et donne lieu à la perception d'un droit de 5 0/0 *ad valorem,* représentatif d'une partie de la redevance sur les permis d'exploitation.

Droit d'importation. Toutes les marchandises sont frappées, à l'importation, d'un droit de 3 0/0 sur la valeur calculée d'après les formes prescrites par l'arrêté du 22 février 1838, c'est-à-dire sur une mercuriale semestrielle ou sur factures, augmentées de 50 0/0.

Les marchandises destinées aux divers services de la colonie sont distraites de la liquidation générale du navire importateur et font l'objet de liquidations spéciales.

Sont exonérés des droits d'entrée : les armes et munitions de guerre proprement dites, les habillements et effets militaires pour les troupes, et les approvisionnements destinés aux bâtiments de l'Etat.

Les rhums et tafias étrangers sont soumis, à l'entrée, au paiement d'un droit de 0 fr. 25 par litre d'alcool à 60° centésimaux, sous une température de 26°.

Transportation. La transportation date de 1852; elle fut d'abord offerte aux condamnés aux travaux forcés, comme une faveur, et plus de 3,000 d'entre eux l'acceptèrent spontanément. La loi du 30 mai 1854 la rendit obligatoire, et depuis cette époque tous les condamnés aux travaux forcés y sont indistinctement soumis. Aujourd'hui, les seuls centres pénitentiaires de la Guyane sont : le pénitencier flottant du port de Cayenne, le pénitencier à terre de Cayenne, les îles du Salut, Kourou et Saint-Laurent du Maroni, avec ses annexes.

Chaque concessionnaire reçoit de l'administration, pour lui et pour sa femme, les vivres et l'habillement pendant deux années. On lui donne une case et des terres (2 hectares). A la fin de cette période, il exonère l'Etat de ces allocations.

Le développement rapide de la canne est dû en grande partie à l'emploi de l'engrais Georges Ville, qui, chaque année rend à la terre la puissance fécondante qui lui a été enlevée par la récolte précédente. Quelques colons ont développé leur établissement par la création de petits instruments, de moulins qui perfectionnent les produits ; ils ont vu leurs efforts récompensés par des médailles et des brevets, aux expositions de Vienne et de Paris. Beaucoup d'entre eux cultivent, outre la canne, des plantes vivrières qui leur procurent de bons revenus.

Autour de cette population travaillant librement pour son compte, gravitent les condamnés qui sont encore sous la tutelle directe de l'administration et qui s'élèvent au chiffre de 500 personnes environ. La superficie des terres cultivées est d'environ 210 hectares.

En 1864, on a cessé de transporter les Européens dans cette colonie et on n'y a plus envoyé que les Arabes de l'Algérie, les noirs des Antilles, de la Réunion et du Sénégal et les Annamites. Pour ces différentes races, le travail est possible à la Guyane. Le noir y peut impunément travailler au soleil, et l'Annamite y retrouve, dans les terres basses, un climat analogue à celui de la Cochinchine. Les Arabes seraient aussi un bon élément de colonisation, s'ils n'étaient enclins à la paresse et poursuivis par la pensée incessante de s'évader pour rentrer dans leur pays d'origine.

En résumé, les efforts de l'administration ne sont pas restés stériles, et il est prouvé que les travailleurs, même les Européens, peuvent se créer une situation prospère à la Guyane. Ces résultats ont été arrêtés dans leur essor par la mesure qui a dirigé les Européens vers la Nouvelle-Calédonie.

V. **Sénégal et dépendances.** La colonie du Sénégal et dépendances, chef-lieu St-Louis, est située sur la côte occidentale d'Afrique et comprend, sur la côte nord : le Cap Blanc, l'île d'Arguin et Portendic, sur le fleuve

du Sénégal et ses affluents : St-Louis, Mérinaghen, Le Taouey (Richard-Toll) Dagana, la tour de Saldé, la tour de Matam, le fort de Bakel, le fort de Médine, le fort de Bafoulabé (au confluent du Bakoy) et Senoudebou (Falémé ; en Sénégambie : Gorée, Rufisque, Portudal, Joal, Pointe de Sangomar (rivière de Saloum) Kaolack (Saloum) Carabane et Sedhiou (Casamance); sur le bas de la côte : Boké (Rio-Nunez) Victoria (Rio-Nunez), Bangalang (Rio-Pongo) et le cap Tagrin (Sierra Léone).

Le gouvernement du Sénégal s'exerce donc sur des territoires d'une très vaste étendue, et qui sont séparés les uns des autres par des pays complètement indépendants ou par des colonies appartenant à des puissances étrangères. On l'a divisé en deux arrondissements, chacun d'eux subdivisé en régions dont l'administration est confiée, sous la haute direction et la surveillance de l'autorité supérieure, à des commandants de cercle ou de poste. On estime à 192,924 individus la population sédentaire et flottante de ces divers points. Indépendamment des Européens qui habitent le Sénégal, on trouve sur la rive droite une population, vraisemblablement d'origine arabe, divisée en trois grandes tribus et qui appartiennent à la religion mahométane. Les autres indigènes sont les Peuls, les Toucouleurs, les Mandingues, les Sarakolès, les Ouoloff, les Sérères, les Diolas et les Bambaras.

Industrie. Les professions de l'industrie, généralement considérées comme déshonorantes par les indigènes, laissent beaucoup à désirer. Les seules fabriques que l'on soit appelé à rencontrer sont les briqueteries et les chaufourneries dans les environs de Saint-Louis et de Dakar. Les terres argileuses et la quantité considérable de coquilles d'huitres que l'on peut se procurer aux environs de Saint-Louis permettent un travail facile aux fabricants qui ne livrent d'ailleurs que des produits de qualité tout à fait inférieure.

Les professions manuelles sont celles de menuisier, de maçon, de calfat, de tisserand, de forgeron. Parmi les ouvriers de cette dernière profession on trouve des orfèvres très habiles, et les bijoux qu'ils ont travaillés à la main, avec des instruments tout à fait primitifs, ont un certain cachet d'originalité.

Le métier de tisserand n'est exercé que par les noirs du Sénégal.

Principaux ports et marchés. Produits naturels du sol. Objets d'exportation. Mercuriales des principaux articles d'exportation. Les principaux ports de la colonie sont Saint-Louis, chef-lieu de la colonie, Gorée, Dakar et Rufisque ; les rivières du sud ainsi que quelques points intermédiaires de la côte, offrent également d'assez bons mouillages aux navires qui les fréquentent.

Les marchés de la colonie sont, Saint-Louis, pour les marchandises d'importation et d'exportation ; Gorée pour les marchandises d'importation qui sont expédiées de là sur la côte occidentale; enfin Rufisque, qui est exclusivement un grand marché d'exportation. La Casamance, le Rio-Nunez, le Rio-Pongo, la Mellacorée exportent également une assez grande quantité de produits du sol, mais leur mouvement commercial ne peut se comparer à celui des grands marchés cités plus haut. Dakar n'est encore jusqu'à présent qu'un bon port dont l'activité commerciale est presque nulle, à raison de sa proximité de Gorée et de Rufisque où les négociants ont leurs magasins et leurs habitudes. Ses transactions se bornent aux marchandises apportées ou expédiées par les paquebots et aux charbons nécessaires à la consommation des steamers de toutes les nations passant par le Cap-Vert.

Les produits naturels de la colonie sont les gommes, le caoutchouc, les plumes de parure, les oiseaux vivants et les peaux; la cire, l'ivoire et les vessies natatoires ou ichtyocolle. Les produits du sol comprennent les arachides qui forment le principal article d'exportation, le sésame, l'huile et les amandes de palme ; le café de Rio-Nunez et du Rio-Pongo et autres produits de moindre importance.

Le Sénégal exporte en outre, mais en petites quantités le mil, du riz en paille, de l'or, des écorces tinctoriales et tannantes.

Les prix de ces divers articles, d'après les dernières mercuriales étaient fixés ainsi qu'il suit :

Gommes : de 100 à 110 francs les 190 kilogrammes. Caoutchouc de 1 franc à 2 fr. 50 le kilogramme, suivant la qualité. Plumes d'autruche 500 à 1,500 francs le kilogramme suivant la qualité. Oiseaux vivants : 0 fr. 25 à 0 fr. 75 la paire. Peaux d'oiseaux : (merles métalliques et autres) 1 fr. 25 à 3 francs, suivant la qualité. Cire clarifiée : 300 francs les 100 kilogrammes. Ivoire : 600 francs les 100 kilogrammes. Peaux de bœufs : 75 à 100 francs les 100 kilogrammes. Arachides en coque : 20 francs les 100 kilogrammes. Sésame 35 francs les 100 kilogrammes. Huile de palme : 80 francs les 100 kilogrammes. Amandes de palmes : 16 à 25 fr. les 100 kilogrammes. Café de Rio-Nunez et de Rio-Pongo, 350 francs les 100 kilogrammes. Gros mil : 12 francs les 100 kilogrammes. Petit mil : 16 francs les 100 kilogrammes. Riz de la Casamance (en paille) : 15 francs les 100 kilogrammes. Or de Galam, 3 francs le gramme.

Les principaux articles d'importation sont : la guinée (toiles bleues de l'Inde), les étoffes des manufactures de France, le fer, l'eau-de-vie, les armes à feu, les munitions de guerre, le corail, l'ambre, les verroteries, le tabac et les comestibles.

Fret. Le prix du fret entre la France et le Sénégal est variable suivant la nature des navires employés ou le port de destination et aussi suivant la concurrence au port de départ. Néanmoins on peut dire qu'il se maintient, de Bordeaux et de Marseille, les deux principaux ports en relation avec la colonie :

Pour Saint-Louis	par navire à vapeur (maison Maurel et Prom), à.	40	»
	par navire à voiles.	37	50
Pour Gorée-Dakar	par paquebot des messageries maritimes.	50	»
	par navire à voiles	25	»

Le fret de retour varie également. Il est :

De Saint-Louis pour Bordeaux et Marseille	par navire à vapeur, maison Maurel et Prom, à.	50	»
	par navire à voiles. . . .	45	»
De Gorée-Dakar pour les mêmes ports, etc.	par paquebot des messageries maritimes. . . .	50	»
	par navire à voiles. . . .	30	»

La différence, sensible surtout pour les voiliers, que l'on remarque dans ces prix, tient aux dangers que présente à la navigation l'entrée de Saint-Louis à cause de la barre du fleuve, et aux retards que subissent parfois les navires quand l'état de cette barre ne permet pas de la franchir. Outre les prix ci-dessus, les chargeurs ont à supporter pour les marchandises à destination de Saint-Louis : par navire voilier les frais d'allège, par navire à vapeur un droit fixe de 1 0/0 à titre de frais de remorquage sur la barre, calculé sur la valeur de la marchandise d'après le manifeste déposé en douane.

Moyens de communication avec la France. Au point de vue des communications avec la France, le Sénégal est une de nos colonies privilégiées. Elle posséde, en effet, deux lignes régulières de paquebots-poste. La plus ancienne est la ligne anglaise de Liverpool à Bonny et à Fernando-Po.

Les paquebots de cette ligne touchent 10 fois par an à Gorée.

La seconde ligne est celle des messageries maritimes. Moyennant une subvention annuelle, la compagnie s'est engagée à faire un voyage par mois au Sénégal mais elle en effectue deux régulièrement.

Un aviso appartenant à la colonie part de Saint-Louis,

deux fois par mois, à l'effet de porter à Dakar les passagers et la correspondance à destination des courriers.

Importations et exportations: Le régime commercial du Sénégal a été fixé par le décret du 24 décembre 1864.

Les indigènes de l'intérieur ne se servent que très peu de notre monnaie ; les matières premières et les produits fabriqués, comme les guinées imitation de l'Inde, les guinées de Rouen, de Belgique et d'Angleterre, les tissus écrus et imprimés, les cotons filés, les spiritueux, les fers, les verroteries, les tabacs, les poudres et les riz de l'Inde servent donc presque exclusivement de moyens d'échange.

C'est avec ces différentes marchandises que les traitants paient les produits du sol, tels que : arachides, gommes, qui forment le fond de l'exportation du Sénégal.

Le mouvement commercial de la colonie en 1880, a été de 20,348,958 francs. Les importations se sont élevées à 9,216,560 francs réparties comme suit :

De France.	3.472.401
Des Colonies françaises	869.326
De l'étranger.	8.874.833

Les exportations ont atteint le chiffre de 11,132,398 francs.

VI. **Comptoirs de la Côte d'Or.** Grand-Bassam et Dabou. Poste d'Assinie. L'établissement de Grand-Bassam est situé sur la Côte d'Or, à l'entrée de la rive droite de la lagune dite d'Ebrié, qui pénètre à 10 kilomètres dans les terres, puis se dirige parallèlement à la côte sur une lagune. Le village de Grand-Bassam est placé sur la rive droite à 4 kilomètres de la mer, près de l'embouchure de l'Ackba. Les nombreuses pêcheries qui couvrent la rivière, témoignent des occupations de ses habitants. Ils chargent leurs pirogues de poissons secs qu'ils vont vendre dans le haut de la lagune ; ce poisson est échangé contre l'huile de palme de l'intérieur.

Le poste de Dabou est également sur la lagune, mais plus à l'ouest. La contrée qui entoure ces deux points est très peuplée. Leurs habitants exploitent surtout les forêts voisines qui leur fournissent de l'huile de palme en très grandes quantités, de l'or, de l'ivoire et du bois de teinture.

Objets d'échange. Les principaux objets d'échanges employés à la Côte d'Or sont : les étoffes liménéas, satin streep, tom coffée, comals, indienne, madapolam, les barils de poudre (de 5 livres), les fusils de troque ou de traite de l'État, les fusils longs en bois noir, le tafia, le tabac, les cadenas en fer, le fer en barres, les sabres manchettes, les pierres à fusils, les pipes en terre, les marmites, les caisses à savon, les masses de perles (blanc de lait).

Ces objets forment les pacotilles à l'aide desquelles s'opèrent les échanges. A ces objets, il faut ajouter les dons, à titre de cadeaux ou Dash, qui varient suivant les circonstances et l'importance des transactions. A Dabou on donne comme Dash un litre de tafia par krou (environ 30 litres) d'huile.

Le poste d'Assinie est situé à 28 milles environ de celui du Grand-Bassam, sur la rive droite de la rivière de ce nom. On y fait le commerce de l'or, de l'ivoire, et des peaux de singes noirs et gris. Les forêts de l'intérieur sont admirables de végétation : les bois de haute futaie, les bois de teinture, les arbres à gommes, à résine y abondent.

Comptoir du Gabon. Situé dans le golfe de Guinée, ce comptoir a été établi sur la rive droite de la rivière du Gabon dont l'estuaire forme une magnifique rade de 23 milles de longueur sur une largeur moyenne de 8 à 10 milles ; elle reçoit plusieurs cours d'eau qui servent de voies de communication aux indigènes qui, de l'intérieur, viennent commercer à la côte.

Le territoire du Gabon est peuplé par un grand nombre de tribus indépendantes dont on ne saurait faire l'évaluation à cause de la vie nomade que mènent les indigènes. Quant aux Européens le chiffre peut en être fixé à 200. Le nombre des travailleurs étrangers s'élève à 400 environ ; ils proviennent en général de la côte de Krow et du Congo.

La principale culture du pays est le manioc, qui, avec le poisson sec, constitue la nourriture ordinaire des indigènes. Il existe aussi quelques plantations de riz et de maïs, lesquelles sont de faible importance. Des essais de plantation de café, ont été tentés sur divers points du Gabon, notamment à Sibamge. Ces plantations ne sont pas encore en voie de rapport.

D'autres cultures pourraient être entreprises avec chance de succès, telles que le cacao, le tabac, le coton. Mais il ne faut pas compter, pour travailler, sur l'élément gabonnais. Seuls les agronomes européens seraient en mesure d'entreprendre ces cultures. Celle qui doit assurer le plus grand bénéfice aux planteurs, c'est le palmier, lequel produit une huile très appréciée et se vend à un prix assez élevé. Cet arbre est originaire du pays et y croît avec une très grande rapidité. La mission catholique s'est adonnée à ce genre de culture, et en a déjà obtenu de bons résultats. Sur la côte nord et la côte sud du Gabon, l'huile de baleine constitue le principal commerce.

Commerce et navigation. L'importation, en 1881, s'est élevée à 7,000,000 francs et l'exportation à 1,411,606 francs.

Il est entré au Gabon, en 1881, 159 bateaux de commerce, donnant 58,111 tonnes et présentant 2,328 hommes d'équipage. Il en est sorti 148, jaugeant 56,035 tonnes et montés par 2,154 hommes.

Le prix du fret pour les paquebots à vapeur, d'Europe au Gabon, et *vice versa*, est en moyenne de 45 francs.

D'Europe au Gabon :

Moyenne	avec frais de retour. . . .	23 »
	sans frais de retour. . . .	35 »

Le prix du fret du Gabon en Europe, pour les navires venus sans affrètement de retour, est en moyenne de 28 francs ; pour les autres destinations, les transports étant faits par les maisons, au moyen de leurs propres navires, ce fret ne peut être fixé.

Les principales denrées d'exportation de ce pays et leurs prix, suivant les derniers avis reçus, sont : Bois rouge à 0 fr. 09 la bûche. Ebène à 0 fr. 09 le kilogramme. Caoutchouc à 0 fr. 09 le kilogramme. Ivoire au-dessus de 10 kilogrammes à 14 fr. 50 le kilogramme. Ivoire au-dessous de 10 kilogrammes à 7 fr. 83 le kilogramme. Noix de palme concassées 0 fr. 09 le kilogramme. Huile de palme à 0 fr. 27 le kilogramme. Cire à 1 fr. 25 le kilogramme. Ecaille de tortue à 4 francs le kilogramme. Arachides à 0 fr. 20 le kilogramme. Gomme copale à 0 fr. 20 le kilogramme. Dika à 0 fr. 25 le kilogramme. Ecorce de palétuvier à 0 fr. 01 le kilogramme,

Les importations se composent surtout de marchandises de traite, comme tissus variés, verroteries, barrettes et chaudrons de cuivre, quincaillerie, faïences communes, poudre, sel, sardines en boîtes, bougies, savons, tabac, spiritueux, etc., etc. Les droits de douane à l'entrée du Gabon frappent surtout les alcools, le tabac et les armes et varient avec ces différents articles.

Les autres marchandises supportent une taxe fixe de 2 0/0 *ad valorem*. Les droits d'exportation sont de 2 0/0,

VII. **La Réunion.** L'île de la Réunion est située dans la mer des Indes, à 33 lieues de Maurice, à 140 lieues de Madagascar, 1770 lieues de Marseille, par le canal de Suez, ou 27 jours par les paquebots des Messageries maritimes. Sa forme générale représente une ellipse de 71 kilomètres de longueur sur 50 de largeur, le développement de ses côtes est de 207 kilomètres et sa surface couvre 260,000 hectares.

La population de la Réunion atteint 180,814 individus,

parmi lesquels figurent 56,007 immigrants indhous, africains et chinois. Les principales productions sont le sucre, le rhum, la vanille et le café. Elle exporte en outre du tabac, de la girofle, du miel, des céréales, racines et tubercules, des liqueurs, des fruits, des peaux, des fibres d'aloës, de sacs de vaquois, etc. Les articles qu'elle reçoit de l'extérieur, consistent en animaux de trait ou de boucherie, lard et viandes salées, morues et autres poissons, suif, saindoux, fromage, beurre, huiles végétales et minérales, riz, blé, farine, grains, légumes secs, conserves de toutes sortes, fruits de table, tabac, acides, sel, vins, liqueurs, bière, poteries, guano, engrais, tissus, chapeaux, chaussures, cordages, savon, bougie, quincaillerie, mercerie fine et commune, vinaigre, ciment, chaux, parfumerie, etc.

Les importations et exportations ont atteint en 1880 un chiffre de 59,070,616 francs, dont 35,498,619 fr. pour l'importation et 23,571,997 fr. pour l'exportation et ont donné lieu à un mouvement de navigation de 483 navires, entrées et sorties réunies.

Régime commercial. La colonie jouit de la liberté commerciale et de l'autonomie douanière ; outre qu'elle vote un tarif, elle peut porter les produits en tous pays, et recourir à tous pavillons ; mais elle n'use pas de ce droit et son commerce se fait entièrement avec la France, sauf quelques relations avec l'Inde et la Cochinchine pour son approvisionnement de riz: et c'est bien rarement que le pavillon étranger fait apparition sur ses rades.

Depuis le 16 août 1873, il n'existe plus de droits de douanes sur les marchandises étrangères, à l'exception des tabacs. Les rhums étrangers sont prohibés à la consommation.

Tous les produits de l'intérieur, quelle qu'en soit la nationalité, sont soumis indistinctement, à l'entrée, à un tarif unique d'octroi de mer.

Tous les produits du crû sont frappés, à la sortie, d'un droit de 4 0/0, la valeur de ce droit remplaçant l'impôt foncier.

Les navires de toute nationalité sont admis sur le pied d'une parfaite égalité avec les navires français. Ils peuvent donc, sans donner lieu à aucune aggravation de charges pour la marchandise, importer dans la colonie les produits français et étrangers, et exporter en France ou ailleurs les denrées coloniales.

Saint-Denis, le chef-lieu de la Réunion, possède une Chambre de commerce, une chancellerie syndicale des courtiers, un entrepôt réel, un dock, des dépôts publics avec faculté d'entrepôt fictif. Trois établissements de crédit, la Banque coloniale, le Comptoir d'escompte de Paris, et le Crédit agricole et commercial font, chacun dans sa spécialité, l'escompte des valeurs sur place, la négociation des traites, les avances sur récoltes, les prêts sur dépôts de marchandises ; en outre, le Crédit foncier colonial fait des prêts sur immeubles ; les compagnies *Créole et Prévoyance* assurent contre l'incendie les immeubles et les marchandises en magasin, enfin la *Whittington* assure sur la vie.

Pour les risques de mer, quand il s'agit de cargaisons de riz à faire venir des lieux de production, ou de sucre à expédier, les assurances se font en France, soit par polices flottantes ouvertes au profit des armateurs, soit par suite d'ordres transmis de la Colonie. Il n'y a point à Saint-Denis, de bourse, ni de tribunal consulaire. C'est le tribunal de première instance qui juge commercialement. Le plus souvent les contestations se vident devant des arbitres nommés par les parties. Le change des traites trouve de grandes facilités. La banque, le comptoir d'escompte, le Crédit agricole, et quelquefois des particuliers se partagent les tirages sur France.

Jusqu'à ce que le port de la Pointe des Galets soit achevé, les bâtiments venant de l'extérieur ne peuvent mouiller qu'à Saint-Denis, à Saint-Paul et à Saint-Pierre. Ils ne peuvent également s'expédier que de ces trois points, les seuls où il y ait des bureaux de douane. Ils font les autres quartiers avec un permis de naviguer autour de l'île. Dans les chartes-parties et les contrats passés avec les navires, il est accordé généralement deux rades au vent et deux rades sous le vent, Saint-Denis non compris. Il n'y a là rien d'obligatoire ; le nombre des rades est débattu absolument comme le frêt et les autres clauses.

Les marchandises débarquées doivent être enlevées dans les soixante-douze heures après leur mise à terre, à l'exception des grosses machines en fonte, pour lesquelles il est accordé un délai de quinze jours. Après ces délais, les établissements de batelage cessent d'être responsables des marchandises séjournant sur le quai.

Messageries maritimes. Depuis 1881, une ligne de paquebots a été établie entre Marseille, la Réunion, l'Australie et la Nouvelle-Calédonie. Les départs de Marseille ont lieu une fois par mois. Une ligne de chemin de fer fonctionne depuis 1882 entre Saint-Denis et la Pointe des Galets. Une seconde ligne devant relier Saint-Denis à Saint-Benoit est en construction.

VIII. **Mayotte, Nossi-Bé, Sainte-Marie-de-Madagascar.** Mayotte est une petite île de la mer des Indes, comme Nossi-Bé et Sainte-Marie-de-Madagascar. On estime sa superficie à 15,000 ou 20,000 hectares. Son sol est très fertile et particulièrement propre à la culture de la canne à sucre. Cette plante y atteint son maximum de développement en neuf ou dix mois. Plantée en septembre, elle peut être portée au moulin en juin. La population de Mayotte se compose en partie de Sakalaves, d'Antalaots et d'Arabes ; elle s'élevait, au 1er janvier 1880, à 10,288 individus.

Cultures. 1,550 hectares plantés en cannes ont donné, en 1880, 3,791,000 kilogrammes de sucre, fabriqués par 10 sucreries. 1,400 hectares environ sont consacrés aux autres cultures : café, riz, cocotiers (huile), tabac, maïs, manioc et autres, légumes secs, vanille.

Navigation. Le nombre des navires entrés dans le port de Mayotte (Dzaoudzi), en 1880, a été de 163 à l'entrée et de 160 à la sortie.

Le mouvement commercial a été de 3,396,215 francs, soit de 1,118,125 francs pour l'importation et de 2,278,090 francs pour l'exportation. Il n'existe pas de droit de douane à Mayotte.

Nossi-Bé. Cette île est située à 60 lieues de Mayotte, distance qui peut être franchie en vingt-quatre heures par un bon vapeur. Elle possède une population de 8,155 individus, dont 175 Européens ou créoles, 6,934 indigènes et 1,046 immigrants.

Cultures. La superficie de la colonie est de 29,300 hectares, sur lesquels 8,000 hectares sont concédés. Les plantations de cannes à sucre occupent environ 1 millier d'hectares, qui ont fourni, en 1880, 1,516,000 francs de sucre et 360,000 francs de rhum ou arak (produits de sirops). Les autres cultures consistent en café, riz, cocos, vanille, tabac, légumes divers, etc.

Commerce et navigation. La colonie a reçu, en 1880, une valeur de 2,368,688 francs et a exporté ou réexporté pour 6,415,575 francs.

Sainte-Marie-de-Madagascar. Cette île est une étroite bande de terre d'une longueur d'environ 50 kilomètres, d'une largeur moyenne de 3 kilomètres et dont la superficie peut être évaluée à 15,500 hectares. Les naturels de Sainte-Marie sont d'origine malgache et descendent en ligne directe de la peuplade des Betsimisaraks, dont ils ont conservé l'idiome et les mœurs ; ils se distinguent des peuplades avoisinantes par une vocation toute spéciale pour le métier de marin et forment ainsi une précieuse ressource, non seulement pour les navires et caboteurs qui fréquentent ces parages, mais encore pour les bâtiments de l'Etat en station dans la mer des Indes et les paquebots des Messageries maritimes qui desservent

la ligne entre Aden et Maurice. La population de l'île était, au 1er janvier 1881, de 7,177 individus.

Sainte-Marie possède un port naturel très étendu, où les navires en danger trouveraient un abri assuré par tous les temps s'il était plus connu. Aussi par suite du développement que prend, chaque jour, le commerce avec Madagascar, ce port paraît-il appelé à devenir forcément un centre d'entrepôt pour les riches produits de la partie Est de cette magnifique île africaine.

Moyens de communication avec la France. La colonie ne communique avec la métropole que par l'intermédiaire de l'île de la Réunion; mais ces communications sont loin d'être fréquentes et régulières.

Tarifs douaniers. Droits de pilotage. Afin d'encourager, par tous les moyens possibles, le développement du commerce et de la navigation, les marchandises de toute nature et de toute provenance sont admises en franchise dans la colonie. Il n'y a d'exception que pour les spiritueux autres que le vin; le vermouth et la bière, lesquels acquittent un droit de consommation de 0 fr. 50 par litre. Il n'y a pareillement aucun droit ni de port, ni d'ancrage pour les navires qui mouillent ou qui s'amarrent avec leurs propres moyens.

Productions naturelles et objets d'exportation. La propriété n'étant pas encore constituée à Sainte-Marie, il n'est pas possible d'établir la statistique de ses cultures. A l'exception de quelques petites forêts où l'on trouve de bons bois de construction et des plaines entières couvertes de ravenales, elle ne comporte guère d'autres productions naturelles connues susceptibles d'être utilisées dans l'industrie.

Les indigènes cultivent, pour leur alimentation, le riz, le manioc, la patate, l'igname, la banane, quelques légumes et la canne à sucre, avec laquelle ils composent une boisson enivrante nommée betsabetsa. La culture du café commence à prendre un peu d'extension, et quelques rares propriétaires cultivent un peu de vanille et du cacao; mais tous ces propriétaires ne sont pas en quantité suffisante pour les besoins de la colonie. Plusieurs indigènes, voyant que le girofle, qui représente la seule denrée d'exportation, donne un prix très rémunérateur, se sont mis à en planter beaucoup. Enfin la ramie, d'introduction récente, pourrait être substituée au raphia pour la confection des tissus à l'usage des indigènes.

Principaux objets d'importation. La colonie reçoit tout de l'extérieur. Elle fait venir de Madagascar le riz, qui forme la base principale de la nourriture de l'indigène, et les bœufs de boucherie, dont la consommation ne dépasse pas 150 têtes par an. Tous les autres articles, quincaillerie, mercerie, vin, farine, liqueurs fortes, conserves alimentaires, etc., viennent généralement des îles de la Réunion et de Maurice qui, n'étant pas elles-mêmes des centres de production, ne peuvent délivrer que des marchandises déjà surchargées de frais de toute nature.

Commerce et navigation. En dehors des articles, tant en vivres qu'en matériel, que l'administration locale a fait venir en grande partie par les transports de l'Etat pour l'approvisionnement de ses magasins, le mouvement commercial proprement dit est assez restreint. La colonie a reçu, en 1880, une valeur de 181,602 francs et a exporté pour une valeur de 110,016 francs. Les navires entrés ont atteint le chiffre de 503, parmi lesquels figurent 347 pirogues et 13 navires de guerre; les navires sortis sont au nombre de 468, dont 14 navires de guerre et 372 pirogues.

IV. **Inde.** Les établissements français de l'Inde se composent de fractions de territoire, isolées les unes des autres, dont la superficie totale est de 49,622 hectares. Ce sont :

1° Sur la côte de Coromandel : Pondichéry et son territoire, composé des districts de Pondichéry, Villenour et Bahour; Karikal et les maganoms ou districts qui en dépendent;

2° Sur la côte d'Orixa : Yanaon, son territoire et les aldées ou villages qui en dépendent; la loge de Mazulipatam;

3° Sur la côte de Malabar : Mahé et son territoire; la loge de Calicut;

4° Dans la Goudjerate : la factorerie de Surate;

5° Au Bengale : Chandernagor et son territoire; les loges de Cassimbazar, Jougdia, Dacca, Balassore et Pathna.

Pondichéry est le chef-lieu de ces établissements. Son territoire a une superficie de 29,122 hectares et possède 151,388 âmes. Celui de Karikal, de 13,515 hectares et 92,672 âmes. Le territoire du comptoir de Yanaon couvre une superficie de 1,429 hectares, s'étend sur une longueur de deux lieues et demie et une largeur qui varie depuis 350 mètres jusqu'à 3 kilomètres. Il est habité par 4,538 individus. A Mazulipatam, nous ne possédons qu'une loge et une aldée. Le comptoir de Mahé couvre un espace de 5,909 hectares et possède 3,806 habitants. Calicut n'est qu'une loge, et Surate une factorerie, occupées chacune par un gardien. Chandernagor est une belle ville reliée à Calcutta par un chemin de fer. Les loges de Balassore, de Dacca, de Cassimbazar, de Pathna et de Jougdia consistent chacune en une maison avec un petit territoire. Elles sont situées dans les villes anglaises de même nom. Chandernagor et ses districts ont une population de 26,715 âmes.

Moyens de communication avec la France. Un service mensuel de la Compagnie des Messageries maritimes assure les relations régulières de nos établissements avec la France; ils profitent également des services hebdomadaires de Bombay en empruntant le parcours du territoire anglais. Les transports maritimes sont en outre facilités par les relâches à Pondichéry des paquebots de la British India company qui y touchent deux fois par mois et coïncident à Pointe-de-Galles avec les paquebots de la grande ligne de l'Indo-Chine.

Commerce. Le mouvement maritime commercial est centralisé dans les ports de Pondichéry, Karikal et Mahé, qui constituent les principaux marchés de la colonie. Ceux-ci ont reçu, en 1880, une valeur de 7,970,068 francs et ont exporté pour 25,446,646 francs. Les principaux objets d'importation consistent en toiles d'Europe, vins divers et eaux-de-vie, sucre, poivre, muscade et autres épices; les principaux objets d'exportation sont le riz, les arachides, l'huile d'arachides, l'huile de coco, la noix d'arec, le tamarin, l'indigo, les toiles et percales bleues, les mouchoirs des Indes, les pagnes, les peaux tannées, les tissus de coton.

Nos possessions indhoues produisent, en outre, le nelly (riz) et les autres menus grains qui servent de base à la nourriture des indigènes; l'indigo employé à la teinture des toiles dites guinées; le coco dont on tire du coir et de l'huile, le bétel, le tabac, le coton et les plantes oléagineuses, telles que les pistaches, le sésame, le gingély et le palmachristi.

Mercuriale des principaux articles. Arachides décortiquées, 18 à 25 roupies, le candy de 240 kilogrammes; huile d'arachides, de 45 à 93 roupies, le candy, à terre, non logé; huile de coco, de 70 à 75 roupies, le candy, à terre, non logé; indigo feuilles sèches, de 1 roupiesas; à 1 roupie la livre française de 500 grammes, à terre.

X. **Cochinchine.** La Cochinchine française ou Basse-Cochinchine est divisée en six provinces, subdivisées en 19 arrondissements, 207 cantons et 2,425 communes. Le groupe des îles de Poulo-Condore, situé au Sud de la presqu'île de Camau, est également une dépendance de nos possessions. La plus grande de ces îles sert de pénitencier pour les condamnés à une peine de moins de dix ans de prison. La population de la Cochin-

chine atteignait, en 1880, 1,550,497 individus, savoir : 1,366,139 Annamites, 110,698 Cambodgiens, 58,500 Chinois, 6,322 Mois, 4,553 Malais, 1,964 Européens, dont 326 Indiens, sujets français, et 139 étrangers, 888 Malabares, 310 Chams, 67 Asiatiques et 56 Tagals.

Cultures. Les cultures de la Cochinchine couvrent une surface de 623,174 hectares et consistent d'abord en rizières; viennent ensuite les aréquiers, les arachides, les palmiers d'eau, la canne à sucre, les cocotiers, les mûriers, le bétel, le tabac, le maïs, les arbres fruitiers, les ananas, les cotonniers, les indigotiers, les poivriers, l'ortie de Chine, les caféiers. Le reste est consacré aux jardins et maisons d'habitation.

Les importations en Cochinchine ont atteint, en 1880, une valeur de 7,513,249 piastres (la piastre = 2 fr. 15), et les exportations 9,646,715 piastres. C'est le riz qui fournit chaque année la plus grande partie de cette exportation (7,821,536 piastres en 1880) représentant 4,733,322 piculs (le picul = 61 kil. 280). C'est particulièrement sur Hongkong, les Indes néerlandaises et Singapore que s'est dirigée cette importation, par 67 voiliers, 177 steamers et les paquebots des Messageries.

Ports et marchés. Saïgon et Hatien sont les principaux ports de la Cochinchine ; viennent ensuite Mytho, Vink-Long et Chaudoc. Les marchés où se traitent les affaires commerciales les plus importantes sont Saïgon, Cholen, Go-Cong, Mitho, Vinh-Long, Sadec, Chaudoc, Hatien, Rach-Gia et Bay-Xan.

Moyens de communication. On communique avec la métropole au moyen de paquebots : 1° de la Compagnie des Messageries maritimes, dont le service est bi-mensuel ; 2° d'une compagnie anglaise, à service également bi-mensuel, mais s'arrêtant à Singapore en venant de France. On correspond par cette voie au moyen des bateaux en partance de Saïgon pour Singapore.

La colonie est reliée à la France par deux câbles sous-marins, celui de la voie de l'Inde et celui de la Chine par la Sibérie.

Tarifs douaniers, droits de phare, d'ancrage, de port et de pilotage. Saïgon et les autres ports étant francs, il n'existe point de douanes en Cochinchine.

XI. **Taïti et dépendances.** Les établissements français de l'Océanie se composent de 5 archipels : de la Société (Taïti, Moorea, Tetiaroa et Mehetia), des Tuamrotu, des Gambier, des Tubuai, des Marquises, et enfin de l'île Rapa. Taïti, le centre de ces établissements, présente une superficie de 104,215 hectares ; Moorea, 13,237. La première de ces îles avait, en 1881, une population de 10,808 âmes ; la seconde, de 1,428, soit 10,808 individus, parmi lesquels 974 Français ou descendants de Français et 591 autres Européens. L'archipel de Tuamotu compte 7,270 habitants ; celui des Marquises, 5,776 ; les Tubuai, 693 ; les Gambier, 547 et l'île Rapa, 153.

Culture, industrie, commerce et navigation. Il n'a jamais été dressé de statistique exacte des cultures de nos établissements de l'Océanie, qui prennent chaque jour une importance qui sera certainement considérable lorsque l'isthme de Panama sera percé. Papaete, sa capitale, deviendra alors une escale de grande ligne maritime, et, par ses productions diverses, un centre commercial et industriel en même temps qu'un point de relâche et de radoub des navires de pêche, et peut-être un jour un arsenal pour nos vaisseaux de guerre. Annuellement, les archipels produisent pour une somme d'environ 2,600,000 francs de denrées diverses, parmi lesquelles les oranges, les graines de coton et le coton égréné, le coprah tiennent le premier rang. Viennent ensuite les cocos frais, le sucre, le maïs, les fungus, le miel, la cire brute, le café, la vanille, etc.

La pêche est de beaucoup l'industrie principale des habitants des établissements français de l'Océanie et on ne saurait évaluer à moins de 50 centimes la quantité de poisson consommée par personne et par jour, ce qui, pour une population totale de 26,000 âmes, représente une valeur de 949,000 francs.

Les huîtres perlières recueillies dans les archipels des Tuamotu et des Gambier donnent en outre annuellement une quantité de 400,000 kilogrammes de coquilles, d'une valeur de plus de 1 million, sans compter les perles, dont le produit atteint une centaine de mille francs.

En résumé, la production agricole, le revenu des animaux domestiques et le produit des pêches maritimes atteignent annuellement une valeur moyenne d'environ 5,250,000 francs.

La colonie a exporté, en 1880, pour une valeur de 3,342,645 francs et elle a reçu de l'extérieur des marchandises pour une valeur de 3,161,687 francs, qui ont été transportées par 178 navires à l'entrée et 181 à la sortie.

Communications avec l'Europe. Les établissements français de l'Océanie sont en communication directe avec la France : 1° par les transports de l'Etat qui font le tour du monde et passent à Taïti deux fois par an ; 2° par les navires à voiles de Bordeaux, qui effectuent six voyages par an, en touchant à Taïti. Enfin, il part tous les mois de Taïti un navire à voiles pour San-Francisco. La correspondance pour la France est expédiée de ce point à New-York par la voie du chemin de fer transcontinental et dirigée ensuite sur le Havre par les paquebots transatlantiques ; le trajet moyen est de 55 jours.

Prix du frêt. Le prix moyen du frêt par navires à voiles expédiés de Taïti pour la France est de 80 à 100 francs par tonneau. Les droits sont prélevés sur le montant des factures produites par les importateurs.

XII. **Nouvelle-Calédonie.** Cette île est l'une des plus considérables de l'Océanie. Sa longueur est de 300 kilomètres ; sa largeur, de 50 environ ; sa superficie, de 1,600,000 hectares, dont un tiers seulement peut être mis en culture. Elle compte 15,000 habitants européens, y compris les troupes et les transportés, et 20,000 indigènes.

Communications avec l'extérieur. Les relations de la Nouvelle-Calédonie avec la métropole, l'Australie et toutes les autres parties du monde sont assurées par un service subventionné de paquebots-poste faisant le trajet entre Nouméa et Sydney, deux fois par mois, ainsi que par un second service de paquebots qui touchent à la Réunion. Les voies adoptées pour l'échange des correspondances avec la colonie sont celles de Marseille et de Brindisi, viâ Suez.

L'industrie principale des colons jusqu'à ce jour a été l'élève du gros bétail, qui a, dans le pays même, un débouché dans de bonnes conditions. Ainsi, un bœuf abattu se vend de 1 franc à 1 fr. 25 le kilogramme à Nouméa, et de 1 fr. 80 à 2 francs dans les autres localités. Les vaches laitières valent de 300 à 400 francs ; les bœufs de travail, de 800 à 1,000 francs la paire. Les colons élèvent, en outre, des moutons, des chèvres, des porcs, dont ils trouvent toujours à se défaire facilement, aux prix suivants : le mouton, de 30 à 40 francs ; la chèvre, de 15 à 20 francs ; le porc, de 1 franc à 1 fr. 10 le kilogramme, sur pied ; le saindoux, de 2 francs à 2 fr. 50 le kilogramme (prix de gros). Les volailles de toute espèce, les lapins, etc., donnent aussi de bons résultats. Les chevaux viennent également bien. Seulement, on s'est, jusqu'ici, peu occupé de la reproduction, et la colonie a été obligée de s'approvisionner en Australie. Un cheval de selle se vend de 500 à 1,000 francs ; un cheval de trait se vend de 900 à 1,300 francs.

Le maïs est la culture la plus générale du pays. Il remplace l'orge et l'avoine des pays de la zone tempérée, et donne, en outre, une excellente nourriture pour les noirs. Le maïs peut être cultivé toute l'année. Son rende-

ment varie entre 2,000 et 3,000 kilogrammes par hectare et par récolte dans les meilleures terres, et on peut en faire deux récoltes par an. Son prix varie de 18 à 20 francs les 100 kilogrammes, sur les lieux de production.

La culture du blé, essayée à plusieurs reprises en Nouvelle-Calédonie, a été loin de donner les résultats sur lesquels on comptait. Le caféier, qui réussit très bien, a été déclaré de première qualité par les connaisseurs. Les caféiers produisent au bout de trois ans et sont en pleine production à cinq, donnant un kilogramme et demi de café par arbre. La charrue est utilisée pour cette culture. Un hectare de terre peut recevoir 2,500 arbres, et, pendant qu'ils sont jeunes, des haricots ou autres plantes potagères sont cultivées dans les espaces libres. De cette façon, le sol donne un rendement qui paye amplement la peine première. Le café en grains se vend, à Nouméa, 2 fr. 50 le kilogramme.

La canne à sucre est cultivée par les indigènes dans toute l'île, mais seulement comme plante alimentaire. On en connaît de 25 à 30 espèces. Les résultats obtenus jusqu'à ce jour par les Européens qui se sont livrés à cette industrie ne permettent pas de donner une opinion définitive sur l'avenir qui lui est réservé.

Le coton, le riz, le tabac, la vanille, l'indigo et généralement toutes les plantes tropicales viennent très bien en Nouvelle-Calédonie, ainsi que tous les légumes d'Europe, les plantes vivrières, telles que le manioc, les patates, les haricots, etc., celles fourragères, telles que la luzerne, le sainfoin, le trèfle, etc., et celles oléagineuses, telles que les cocos, les noix de bancoul, le ricin, les arachides et tous les fruits si variés des pays intertropicaux.

Les principaux bois du pays en usage dans l'industrie sont : le niaouli, le kaori, l'acacia, le tamanou des montagnes, le pin colonnaire, le houx, etc., etc. On trouve, en outre, dans le commerce, des bois importés d'Australie, de la Nouvelle-Zélande et de l'Amérique.

De nombreuses et abondantes carrières donnent de la pierre et de la chaux eu abondance. A Nouméa, la pierre à bâtir se vend de 12 à 14 francs le mètre cube, et la chaux, de 45 à 50 francs le mètre cube, à pied d'œuvre. Les poudings de terrain houiller et les roches éruptives fournissent, en outre, d'excellents matériaux de construction.

Les mines de la Nouvelle-Calédonie ne comprennent, jusqu'à ce jour, que les substances suivantes : 1° combustibles minéraux (houille et anthracite) ; 2° cuivre à l'état de cuivre panaché ; 3° or (ou à l'état natif ou mélangé à des pyrites de fer) ; 4° nickel (à l'état de silicate). Une longue bande de terrain houiller se rencontre sur la côte Ouest de l'île ; elle part de Bourail, au Nord, pour s'arrêter au Mont-d'Or, du côté du Sud.

Un certain nombre de couches, qui affleurent très peu du rivage, ne pourraient être ainsi exploitées que jusqu'à une profondeur très limitée.

Quoi qu'il en soit, les travaux de recherches exécutés jusqu'à ce jour ne permettent pas encore d'apprécier l'importance des gîtes, dont l'exploitation n'offrirait d'ailleurs actuellement aucun bénéfice, par suite de la faible consommation locale et du prix élevé de la main-d'œuvre, qui ne permet, sur aucun point, de faire concurrence aux combustibles australiens.

On a rencontré des indices de cuivre en bien des endroits; mais on ne peut encore mentionner que deux bassins principaux, les autres n'ayant, jusqu'à présent, aucune importance : celui de la rive droite du Diahot, celui de Koumac.

Sur le premier de ces points, un grand nombre de concessions ont été faites. Une seule a, jusqu'à présent, donné des résultats, la mine de Balade. Toutefois, le gîte sur lequel elle porte, qui a 15 mètres de puissance, s'étend sous quelques-unes des concessions voisines, et il est hors de doute que, dans un temps plus ou moins rapproché, il sera mis à nu et exploité.

Le bassin de Koumac est à peine exploré, et pourtant l'on y a découvert un filon de plus de 2 mètres de puissance, dont le remplissage se compose de pyrite de fer et d'environ $0^m,60$ de cuivre panaché, et un banc d'argile noire renfermant environ 300 kilogrammes de cuivre natif ou oxydulé, au mètre cube.

Il est probable que ce bassin deviendra le centre d'une exploitation lucrative. Un grand nombre de filons de quartz renferment de l'or, notamment au Diahot, à Hienguène et au-dessus de Saint-Louis. Aucun, jusqu'à présent, n'a donné lieu à une exploitation avantageuse, sauf celui de la Fern-Hill, qui a environ 1 mètre de puissance et a fourni pour 350,000 francs de métal précieux, en l'estimant au prix moyen de 100 francs l'once.

Le nickel se trouve en abondance dans la colonie, toujours au contact des serpentines. On n'a encore reconnu que trois gîtes en place : un filon de 3 mètres à Houailou, un filon de 2 mètres à Canala, 1 filon de 1 mètre au Mont-d'Or. Mais les nombreux blocs tombés que l'on a explorés sur les versants des montagnes sont une affirmation de l'existence de ce métal sur les crêtes.

Le nickel s'est toujours présenté à l'état de silicate et non de sulfure, ce qui facilite beaucoup son traitement. Son exploitation paraît devoir être une des principales sources de richesse de la colonie.

La Nouvelle-Calédonie a reçu, en 1880, des marchandises françaises et étrangères pour une valeur de 7,904,429 francs; elle a exporté pour une valeur de 2,757,125 francs. 111 navires à l'entrée et 118 à la sortie ont pris part à ce trafic.

Il n'y a pas de droits de douane à la Nouvelle-Calédonie. Il y a seulement un octroi de mer frappant les marchandises à destination de Nouméa.

Transportation. La transportation à la Nouvelle-Calédonie date de 1864.

L'île Nou, placée en face et à un demi-mille de Nouméa, dont elle contribue à former le port, a été le premier point occupé. De l'île Nou, on a peu à peu porté la transportation sur la Grande-Terre, pour l'appliquer aux travaux d'utilité publique (routes, ponts, quais, bâtiments, extraction de matériaux, etc., etc.), et lui faire faire une première étape sur le chemin de la colonisation.

Un certain nombre de camps, avoisinant la ville, reçoivent les condamnés qui s'occupent des travaux publics et ceux qui sont chargés de maintenir la propreté dans la ville de Nouméa. Les différents camps et l'île Nou contiennent environ 7,000 transportés.

On a créé, en outre, plusieurs pénitenciers agricoles.

COLONNADE. *T. d'arch.* Disposition architecturale qui présente une réunion de colonnes placées symétriquement en galerie ou en circuit et qui entourent un monument ou forment une galerie, un promenoir.

— Parmi les plus célèbres colonnades des temps modernes, on doit citer celle de Saint-Pierre, de Rome, œuvre de Bernin, et celle du Louvre, construite par Claude Perrault.

COLONNE. Mot dérivé du latin *columen*, soutien, et qui sert à désigner un pilier, ordinairement cylindrique, supportant un fronton, un portique ou toute autre partie architecturale. Une colonne est donc un soutien, comme l'indique l'étymologie du terme ; mais tout soutien n'est pas une colonne, et pour qu'un support quelconque, poteau ou pilier, puisse recevoir cette dénomination, il faut que l'art vienne le revêtir de certaines formes consacrées. Ainsi il est convenu qu'une colonne doit se composer : 1° d'un *chapiteau*, couronne-

ment de forme évasée, qui a pour fonction d'offrir une large assiette à la charge supportée ; 2° d'une *base* ou empattement de la partie inférieure, qui donne de la stabilité à l'ensemble ; 3° d'un *fût* ou tige intermédiaire, dont les dimensions limitent la résistance du système et qui est habituellement plus gros dans le bas que dans le haut, les parties inférieures devant supporter, à la fois, la charge qui pèse sur la colonne entière et le poids de toute la partie de la colonne placée au-dessus d'elles. Etant admis le principe que dans une colonne construite par assises, la charge par unité de surface doit être uniformément répartie, la loi qui régit la diminution du fût dans le sens de la hauteur est facile à déterminer mathématiquement ; cette loi donne une courbe qui constitue le profil ou *galbe* de la colonne et que les géomètres appellent *courbe logarithmique*. Les choses se passent autrement dans les colonnes monolithes, dont le fût est formé d'un seul bloc. Il est reconnu : 1° que la section de moindre résistance, celle correspondant à la partie de la colonne dont le renflement transversal est le plus grand au moment de la rupture, est toujours située au-dessous du milieu de sa hauteur, à une place qui varie suivant la charge qui comprime la colonne et le poids de cette colonne elle-même ; 2° que pour répartir la charge uniformément sur chaque point de la colonne il faut que l'aire de la section de moindre résistance soit plus considérable que celle de toutes les autres sections et qu'à partir de celle-ci, en montant ou en descendant, les aires des sections diminuent. Telle est évidemment l'origine du renflement ou galbe des colonnes dans les ordres, renflement que l'on remarque au tiers environ de la hauteur du fût. Il faut reconnaître, cependant, que les colonnes des édifices antiques présentent de très grandes différences dans leurs galbes, sans que ces différences soient bien justifiées par les circonstances des matières, de charges, etc. En effet, dans l'antiquité, la science des mathématiques n'était pas assez avancée pour que les architectes fussent à même de calculer exactement les courbes de profil qu'il convenait de donner à un support, eu égard à la résistance de la matière dont il se composait, à la charge qu'il portait et au mode de sa construction. Mais, guidés par leur sentiment du beau, par les œuvres de la nature et par leur expérience quotidienne, les anciens, et particulièrement les Grecs, à la suite de longs tâtonnements, se rapprochèrent souvent d'une manière remarquable de la courbe, que le calcul nous permet aujourd'hui de déterminer avec toute la précision que la pratique réclame.

— Le galbe ou renflement n'existait pas dans les colonnes de l'architecture égyptienne, à laquelle il semble que les premiers architectes grecs aient emprunté leurs principes et leurs moyens d'exécution. Ces colonnes sont d'une très grande variété, tant par l'aspect des fûts que par celui des chapiteaux ; mais quelles que soient les dissemblances que présentent ces supports, on y voit toujours dominer le caractère de la force, de la stabilité, et, si on les compare entre eux, on observe, dans leur série, un développement graduel et méthodique. Le pilier carré parait être le plus ancien, bien qu'il se retrouve dans des tombeaux, des péristyles d'époques relativement récentes. L'abattement des angles donna successivement naissance aux colonnes polygonales à huit, douze, seize, vingt et trente-deux pans. Vinrent ensuite les faces concaves, c'est-à-dire les cannelures, auxquelles succéda la colonne à faisceau, imitation probable de la plante du lotus. Enfin, la colonne circulaire est sans doute une conséquence de la multiplication des rudentures à la surface de la colonne en faisceau. Les supports assyriens, au sujet desquels nous ne possédons, d'ailleurs, que très peu de renseignements, se composent, pour la plupart, d'un fût grêle, cannelé, porté par une base circulaire et couronné d'un chapiteau de forme capricieuse. Dans l'architecture hindoue, les colonnes sont massives, rondes, carrées ou octogones. Les Grecs distribuèrent les supports et leurs accessoires en trois groupes, correspondant à des caractères divers et présentant une série de proportions très différentes. Parmi les colonnes grecques, les unes, grosses, courtes et largement espacées, offrent le caractère de la force ; les autres, minces, allongées, employées en rangs serrés, celui de la légèreté ; puis un groupe intermédiaire, d'une nature mixte, participant, à un certain degré, de la double qualité de force et de légèreté, représente la moyenne de toutes les transitions intermédiaires entre ces deux extrêmes. Ainsi les colonnes *doriques* expriment la force, la gravité, la sévérité ; les colonnes *corinthiennes*, la légèreté, la grâce et la richesse ; les colonnes *ioniques* participent, à la fois, de la force du dorique et de la gracieuse légèreté du corinthien. Les Romains modifièrent un peu cette classification si simple et si naturelle ; tout en conservant au groupe central sa position et son caractère, ils remplacèrent les groupes extrêmes par deux groupes nouveaux : donnant plus de légèreté au dorique, ils admirent le *toscan*, aux proportions trapues ; ensuite ils créèrent la colonne *composite*, un peu plus élancée que la colonne corinthienne, dont elle n'est, du reste, qu'une variante. Notons ici qu'il n'existe plus de monument ancien qui possède des colonnes d'ordre toscan ; Vitruve en a seulement transmis les proportions d'après un temple de Cérès qui, de son temps, existait encore à Rome.

Les premiers architectes chrétiens prirent pour modèles les colonnes antiques ou se servirent de ces supports mêmes, enlevés aux édifices païens. Les modifications dans l'ornementation et dans les proportions commencèrent aux Ve et VIe siècles ; au VIIIe siècle le galbe fut supprimé. Les supports, dans l'architecture romane, sont de grandeurs très diverses ; on les voit généralement pesants dans les piliers isolés, de longueur exagérée dans les colonnes en faisceau. Les travées des nefs sont formées, dans les édifices religieux de l'architecture ogivale, tantôt par de fortes colonnes isolées avec larges chapiteaux recevant, à la fois, les moulures qui encadrent les arcs et les bases des colonnettes qui s'élèvent jusqu'aux voûtes, tantôt par des piliers accompagnés de colonnettes réunies en faisceau et partant du sol, et complétés par des faisceaux plus courts. Les colonnes employées dans la plupart des édifices modernes se rapportent à des types consacrés dont les proportions, établies par Vignole, d'après les monuments anciens, varient en raison de l'ordre d'architecture auquel chacune de ces colonnes appartient. La moitié du diamètre pris à la base du fût est devenue le module suivant lequel se détermine la mesure des diverses parties de l'édifice.

La matière dont les colonnes sont formées varie en raison de la nature des carrières exploitées dans les régions où les constructions s'élèvent. La pierre calcaire est le plus souvent employée ; mais on s'est fréquemment servi et l'on se sert encore du marbre, du granit, du porphyre, etc. Parmi les colonnes faites avec ces derniers matériaux, un grand nombre, après avoir fait partie, pendant des siècles, de monuments détruits depuis longtemps, se retrouvent employées à la décoration d'autres édifices. Certaines églises de Rome possèdent des co-

lonnes antiques venues de pays éloignés et dont quelques-unes ont été tirées de carrières épuisées depuis des siècles ou bien enlevées à des monuments païens dont les ruines subsistent encore dans la ville même. A Sainte-Marie-des-Anges on remarque huit colonnes en granit gris de 13m,95 de haut, qui proviennent des thermes de Dioclétien. A Saint-Marc de Venise, ainsi que dans la cathédrale de Pise on trouve une infinité de colonnes en porphyre rouge et en porphyre vert qui y ont été amenées de Constantinople. Dans la salle des hommes illustres, au Musée du Louvre, on voit huit colonnes de granit gris provenant du tombeau de Charlemagne à Aix-la-Chapelle; elles ont 3m,25 de hauteur. D'autres salles du même édifice en renferment un grand nombre. Signalons enfin, comme un grand travail moderne, les colonnes de l'église de Saint-Isaac, à Saint-Pétersbourg, lesquelles sont en granit rouge des carrières de Peterlaxe, en Finlande, et faites d'un seul bloc de 18m,20, tandis que celles du Panthéon, construites par tambours, n'ont que 15m,60.

On a élevé parfois des monuments en forme de colonnes isolées, ayant pour destination de perpétuer la mémoire d'événements remarquables et auxquels on a donné les noms de colonnes *solitaires*, *monumentales*, etc. Tantôt l'édifice est en pierre, comme dans la colonne Trajane, à Rome, qui est faite de trente-quatre blocs de marbre blanc; tantôt il est complètement en métal, comme la colonne de Juillet, à Paris; ou bien encore le noyau est en pierre et le revêtement en bronze, comme la colonne de la Grande-Armée ou colonne Vendôme, dans la même capitale.

Parmi les désignations diverses appliquées aux colonnes en raison de leur forme, de leur disposition, de leur destination, etc., nous citerons les suivantes : la colonne *angulaire* occupe l'angle d'un édifice; les colonnes *accouplées* sont unies deux à deux ou se touchent presque par leur base et leur chapiteau; la colonne *cannelée* a le fût orné de cannelures dans toute la hauteur ou dans les 2/3 de la hauteur à partir du sommet; la colonne *cannelée-rudentée* est celle dont les cannelures sont remplies de câbles, de roseaux ou de bâtons, soit jusqu'au 1/3 du fût, soit dans toute la hauteur; la colonne à *cannelure torse* a le fût droit, mais entouré de cannelures à côtes tournées en lignes spirales ou en forme de vis; la colonne *diminuée* est sans renflement et sa diminution commence dès le pied du fût, à l'imitation des arbres; les colonnes *engagées* tiennent au mur par une portion de leur épaisseur; les colonnes en faisceau sont formées par le groupement de plusieurs fûts; la colonne *fuselée* ressemble à un fuseau, parceque son renflement est trop sensible; la colonne *hermétique*, est une sorte de pilastre en manière de terme, qui, au lieu de chapiteau, présente une tête d'homme et qui est ainsi désignée parceque ces espèces de cippes étaient ordinairement surmontés de têtes de Mercure; la colonne *marine* est ornée de glaçons ou coquillages disposés par bandes en bossages ou continus sur toute la longueur du fût; la colonne *à pans* est celle dont le plan est polygonal; la colonne *renflée* présente un renflement vers le milieu; la colonne *rostrale*, qui appartient aux colonnes monumentales, présente sur son fût des proues de navires en saillie; la colonne *rudentée* possède sur le nu de son fût des rudentures en relief; la colonne *rustique* a des bossages unis ou piqués ou bien elle est de proportion toscane; la colonne *torse* a le fût contourné en vis.

Colonne en fonte. De nos jours, la fonte est employée dans un très grand nombre de cas, pour remplacer les colonnes en maçonnerie, en pierre ou en marbre. Cette matière est généralement préférable au fer forgé pour l'exécution des supports isolés; car elle présente plus de résistance à la rupture, quand la hauteur ne dépasse pas une certaine limite, se prête mieux aux formes les plus convenables et coûte moins cher. Il y a économie à recourir au fer dans le cas où l'on a des chocs à redouter ou si la hauteur du support s'élève à quarante fois environ la plus petite des dimensions de la base. On fait les supports en fonte pleins ou creux. Les premiers ont une section horizontale carrée, circulaire ou en forme de croix; on leur donne plus de largeur au milieu de leur hauteur qu'à leurs extrémités, parce qu'ils sont exposés à s'infléchir avant de se rompre. Leur surface de section étant relativement très faible, il importe de donner à ces supports des chapiteaux et des bases qui permettent de répartir les pressions sur des surfaces plus grandes. On ménage, en outre, des tenons plus ou moins saillants au-dessus des chapiteaux et au-dessous des bases, afin de bien assurer la stabilité du système. Parfois, plusieurs colonnes ou pilastres en fonte sont groupés ensemble; on les réunit alors, de distance en distance, par des colliers en fer forgé, et un même plateau, fixé à leur sommet, est traversé par les tenons des chapiteaux. Les supports creux présentent sur les pleins cet avantage qu'ils permettent d'imposer une plus grande pression à une même quantité de matière, car les résistances décroissent rapidement à mesure qu'augmente le rapport de la hauteur à la largeur (V. RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX); de plus, le vide intérieur est fréquemment utilisé pour l'écoulement des eaux pluviales. La forme de colonnes est celle qui paraît convenir le mieux à ce genre de supports. Dans ce cas, il y a avantage à employer de forts diamètres, à la condition de réduire en conséquence l'épaisseur de l'enveloppe; mais les exigences de l'exécution, par voie de fusion, ne permettent pas de se tenir, sous le rapport de l'épaisseur, au-dessous d'une certaine limite, laquelle dépend surtout des dimensions de la colonne. Il y a donc, dans la pratique, une relation à observer entre le diamètre, l'épaisseur, la hauteur et la pression qui doit être supportée. — F. M.

Colonne. *T. de fum. Colonne de poêle*, enveloppe d'un conduit de fumée, composée de cylindres creux en biscuit, en faïence ou en tôle; les deux extrémités de la colonne forment base et chapiteaux. || *Colonne montante. T. de plomb.* Conduite principale d'une installation particulière, d'eau ou de gaz, branchée sur la conduite de la ville et à laquelle viennent se raccorder les tuyaux secondaires qui amènent l'eau ou le gaz dans les divers locaux d'une habitation. || *T. d'impr. s. ct. Vaporisage à la colonne.* — V. VAPORISAGE. || *T. de filat.* Organe des *cordes* qui sert de support aux arbres des travailleurs et des nettoyeurs.

|| *Art hérald.* Meuble assez fréquent; en blasonnant, on nomme le chapiteau, le socle et la base lorsqu'ils sont d'un autre émail que celui du fût.

COLOPHANE. *T. de chim.* Corps solide, résineux, jaunâtre, constitué par le résidu solide de la distillation de la térébenthine brute. Sa cassure est conchoïdale et brillante. La colophane est friable entre les doigts. Sa densité varie entre 1,07 et 1,08. Elle est fusible à une température peu élevée, s'enflamme facilement et brûle avec une flamme fuligineuse; elle est insoluble dans l'eau, mais facilement soluble dans l'alcool, l'éther, les huiles fixes ou volatiles; l'acide azotique dissout la colophane en même temps qu'il la décompose. Distillée dans un courant de vapeur d'eau à 10 atmosphères, la colophane devient incolore (Brevet Hunt et Pochin 1858). La colophane est employée dans la fabrication des vernis, dans les fabriques de savon, pour calfater les vaisseaux, pour préparer des emplâtres et des onguents. Enfin, on en fait un usage tout particulier pour frotter les crins de l'archet d'un instrument à cordes.

La colophane des musiciens s'obtient en fondant un mélange de 2 parties de résine, résidu de la distillation de la térébenthine avec 1 partie de poix blanche.

* **COLOPHANITE.** *T. de minér.* Variété de grenat qui présente la composition de la *mélanite* et se rapproche par ses caractères du *grossulaire*. Ce minéral se montre, en général, en grains arrondis ou légèrement anguleux, peu cimentés entre eux; ils se désagrègent facilement en une masse sableuse grossière, certaines variétés se rapportent aussi à l'*idocrase*.

* **COLOPHÈNE.** *T. de chim.* Carbure d'hydrogène liquide, obtenu en distillant la colophane, ou un mélange d'essence de térébenthine et d'acide sulfurique concentré. Le colophène est incolore ou bleu d'indigo. Sa formule est $C^{10}H^{8}$.

COLORANTES (Matières). Nous n'avons pas l'intention de donner ici une nomenclature complète de toutes les *matières colorantes;* on les trouvera aux articles spéciaux, dans l'ordre alphabétique. Nous diviserons cet article en deux parties : la première traitera des matières colorantes en général; elle contiendra un court historique et la classification des matières colorantes, selon leur origine; la seconde traitera des matières colorantes dites *azoïques* qui ont acquis, dans ces derniers temps, une grande importance industrielle.

Historique. Les matières colorantes appliquées sur les tissus ont probablement été tirées d'abord du règne organique; les mordants étant inconnus à une époque primitive, les teintures réalisées devaient être fort peu stables et s'altérer rapidement par l'action de l'air et du lavage. Les Phéniciens et les habitants de Tyr et de Sidon étaient de toute antiquité renommés dans l'art de la teinture. Pline cite comme une chose admirable l'emploi des mordants au moyen desquels les Egyptions arrivaient à teindre une étoffe en différentes nuances avec la même matière colorante.

Plus tard, les Grecs et les Romains empruntèrent aux Phéniciens et surtout aux Egyptiens la connaissance des couleurs et de leur application à la peinture; Cicéron et Pline écrivent que les peintres grecs ne se servaient que de quatre couleurs : le blanc, le noir et les ocres jaunes et rouges.

Les anciens connaissaient également l'emploi des laques provenant des matières colorantes d'origine organique, ainsi que l'a prouvé le célèbre chimiste anglais Davy, par l'analyse de peintures et d'ornements d'anciens monuments romains et pompéiens. M. Hœfer s'est assuré que les couleurs dont sont peints les hiéroglyphes qui ornent les gabbares des momies égyptiennes sont de nature organique (Hœfer, *Histoire de la chimie*).

Dès la plus haute antiquité, le vermillon était employé en peinture; Pline dit qu'il y a deux espèces de minium; celui à base de plomb de qualité inférieure et celui à base de mercure; c'est le *cinnabaris*, notre cinabre.

Citons encore parmi les couleurs employées par les anciens : l'*hysginum*, probablement notre pastel, l'*indicum* ou indigo, l'orseille, citée par Théophraste et Pline, les carbonates et acétates de cuivre, le bleu d'Alexandrie, qui était également un composé cuivrique. Les nuances noires et brunes étaient obtenues par de l'ocre rouge ou jaune mélangée d'une substance charbonneuse (noir de fumée). Quant aux matières colorantes blanches, la céruse est citée par Théophraste, Dioscoride, Vitruve et Pline, comme la couleur blanche la plus commune; ils parlent également de diverses espèces de craie, servant aux mêmes usages.

Quant à la pourpre, cette matière colorante avec laquelle on teignait les vêtements des princes et des riches, dont la découverte remonte à plus de 1,500 ans avant J.-C., il paraît qu'il y en avait de plusieurs espèces; les recherches les plus récentes démontrent qu'on s'est servi réellement, pour teindre les étoffes, de la matière colorante fournie par plusieurs espèces de mollusques, notamment le *murex brandaris* et le *purpura lapillus;* on se sert encore aujourd'hui, sur les côtes d'Ecosse, de ce liquide pourpre pour marquer le linge. Il est probable toutefois, qu'une partie de la pourpre était d'origine végétale; la teinture en pourpre était réalisée avec la garance ou l'orseille seules, ou mélangées à une matière colorante bleue; on obtenait alors des violets pourprés. Nous n'avons rien de bien saillant à noter dans la longue nuit du moyen âge. Dès le XII^e^ siècle, la culture du pastel fleurissait en Lusace et en Thuringe; Gœrlitz était l'entrepôt de ce commerce important.

La teinture en écarlate au moyen de la cochenille était depuis longtemps connue des Grecs et des Arabes; elle ne fut guère connue en France que sous le règne de François I^er^ et encore plus tard en Allemagne.

Vers 1300 Federigo Oricellai ou Rucellai introduisit en Europe l'emploi de l'orseille (*lichen roccella*).

Au milieu du XVI^e^ siècle, Christophe Schürer remarqua qu'en fondant du verre avec des minerais de cobalt nommés *Wismuthgraupen*, on obtenait une espèce d'émail bleu; c'était le bleu de cobalt, qui devint bientôt une des matières colorantes les plus importantes.

Une communication plus facile avec les Indes orientales par la voie du Cap de Bonne-Espérance, et la découverte de l'Amérique, donnèrent un nouvel essor à l'art des teinturiers; l'usage de la cochenille et de l'indigo se répandit rapidement en France, en Angleterre, en Italie et en Allemagne, malgré les efforts des électeurs et ducs de Saxe, pour entraver l'introduction de l'indigo dans leurs Etats dont une des principales industries était la culture du pastel; ce produit dut bientôt céder le pas à la nouvelle matière colorante exotique.

En 1710, un fabricant de couleurs à Berlin nommé Diesbach découvrit par hasard le *bleu de Prusse*, dont un procédé de préparation fut rendu public en 1724 par Woodward; sa nature fut éclaircie par les belles recherches de Scheele, publiées en 1782-83; il isola à cette occasion la base du bleu, l'acide cyanhydrique ou prussique.

Nous assistons maintenant, dans ce siècle, au

développement ininterrompu de l'industrie des matières colorantes. En 1826, Guimet et Gmelin découvrirent, indépendamment l'un de l'autre, l'outremer ou lapis-lazuli artificiel. Le vert Guignet (oxyde de chrome hydraté) remonte à 1859. Finalement, disons quelques mots des matières colorantes artificielles, dérivées du goudron de houille. Le fondateur de cette industrie est l'anglais Perkin qui, en 1856, découvrit une matière colorante violette qu'il nomma *mauvéine*; on l'obtenait par l'oxydation de l'aniline.

En 1859, Verguin découvrit la *fuchsine* ou rouge magenta, qui fut breveté par les frères Renard, de Lyon. En partant de la fuchsine, on arriva à des matières colorantes violettes (violets Hofmann) et bleues (bleu de Lyon, découvert par Girard et de Laire, en 1860). L'année 1865 voit apparaître le violet de Paris, dérivant de la méthyl-aniline. En 1868, deux chimistes allemands, Græbe et Liebermann, réalisèrent la synthèse de l'alizarine, matière colorante de la garance; cette fabrication a acquis un développement tel, que l'alizarine artificielle a fait presque entièrement disparaître la culture de la garance. En 1875 apparaît l'*éosine*, premier représentant d'une nouvelle classe de matières colorantes dérivant des phtaléines (combinaisons de l'acide phtalique avec les phénols). Cette découverte est due à MM. Baeyer et Caro.

Peu de temps après (1876), les matières azoïques font leur apparition. Toute une pléiade de savants ont contribué au développement de l'industrie des matières colorantes azoïques. — V. plus loin la deuxième partie.

Finalement, pour clore dignement cette liste, nous citerons la synthèse de l'*indigotine* (1880) par M. Baeyer.

Classification des matières colorantes. On peut classer les matières colorantes suivant leur nature, ou suivant leurs applications.

Selon nous, la première classification est préférable, car une même matière colorante présente souvent des applications d'un genre tout différent.

Nous diviserons donc les matières colorantes en trois catégories : *matières colorantes minérales*, *matières colorantes naturelles d'origine organique* et *matières colorantes artificielles*, dérivées du goudron de houille.

Les matières colorantes minérales sont, en général, insolubles dans l'eau ; elles trouvent leur emploi dans la peinture où on les emploie exclusivement. Ces couleurs sont assez stables ; elles résistent aux agents atmosphériques beaucoup mieux que les matières colorantes d'origine organique. On emploie les matières colorantes minérales aussi dans la teinture et l'impression des étoffes.

Quant aux matières colorantes organiques naturelles, on les tire, en majeure partie, des végétaux ; quelques-unes, comme la cochenille et le kermès, appartiennent au règne animal. Deux des matières colorantes végétales les plus importantes ont été préparées artificiellement : l'indigotine, matière colorante de l'*isatis tinctoria* et les différentes matières colorantes de la garance (alizarine, purpurine, etc.).

Les matières colorantes végétales sont très employées dans la teinture et l'impression des étoffes ; leur stabilité est plus ou moins grande ; tandis que quelques-unes sont très facilement détruites par la lumière solaire, d'autres, telles que l'alizarine et l'indigo, conservent leur éclat pendant longtemps.

Les matières colorantes artificielles dérivent toutes du goudron de houille ; on les fabrique de toutes pièces, en partant de corps incolores, tels que l'aniline, le phénol, la naphtaline, etc., en soumettant ces corps à une série de réactions souvent assez compliquées. Le goudron de houille donne par la distillation surtout des hydrocarbures : benzine, toluène, xylène, naphtaline, anthracène, et des phénols ; le phénol proprement dit et le crésylol ; les corps que nous venons de citer sont les principales matières premières desquelles dérivent toutes les matières colorantes artificielles.

Ce qui distingue ces produits des matières colorantes naturelles, c'est leur grand éclat, malheureusement acheté aux dépens de la stabilité ; cependant, les progrès réalisés aujourd'hui sont tels, que l'on est arrivé à produire artificiellement des matières colorantes qui ne le cèdent pas sous le rapport de la stabilité aux produits naturels et qui leur sont supérieurs comme éclat et pureté de teintes.

Les matières colorantes artificielles trouvent leur emploi dans la teinture de la laine et de la soie ainsi que dans l'impression des étoffes.

MATIÈRES COLORANTES AZOÏQUES.

Dans les pages suivantes nous nous servirons exclusivement de la notation atomique qui mieux que la notation en équivalents permet de se rendre compte de la nature des réactions. Nous posons donc $C=12$, $H=1$, $O=16$, $Az=14$. L'aniline $C^{12}H^7Az$ (équivalents) devient alors C^6H^7Az (atomes), le phénol $C^{12}H^6O^2$ (équivalents), C^6H^6O (atomes) et ainsi de suite. — V. Chimie.

Avant de passer à l'étude des matières colorantes dites *azoïques*, il est indispensable de faire précéder cette étude par des notions théoriques sur cette classe de corps ; en effet, dans la production en grand des couleurs azoïques, on suit exactement les mêmes procédés qu'au laboratoire ; les réactions sont théoriques et s'exécutent avec des quantités rigoureusement déterminées des différents produits ; il est donc nécessaire, pour saisir les détails de la production industrielle, d'avoir une idée exacte de la nature de la réaction et des produits formés.

On nomme *corps azoïques* ceux qui dérivent des corps nitrés ou amidés par élimination de l'O du groupe hypoazotique AzO^2, ou de l'hydrogène du groupe amide ; les deux restes de molécules se soudent alors ensemble par l'intermédiaire de l'azote ; les formules suivantes rendent compte des rapports qui existent entre l'*aniline*, la *nitrobenzine* et le corps azoïque qui en dérive, l'*azobenzine*.

$C^6H^5-AzH^2$ C^6H^5-Az $C^6H^5-AzO^2$

$\|$

$C^6H^5-AzH^2$ C^6H^5-Az $C^6H^5-AzO^2$

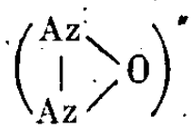
Deux molécules d'aniline — Azobenzine — Deux molécules de nitrobenzine

Ce qui est caractéristique dans les dérivés azoïques, c'est le groupement (Az=Az) qui est biatomique; si les deux atomes d'azote sont unis à deux atomes de carbone, on a les corps *azoïques proprement dits;* si un des atomes d'azote est uni au carbone et l'autre à un autre élément, on a un corps *diazoïque.*

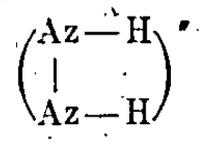
Ainsi, la grande famille des corps azoïques se subdivise en *azoïques proprement dits* et en *diazoïques;* comme exemple d'un corps diazoïque, nous citerons le chlorure de diazobenzine

$$C^6H^5-Az=Az-Cl$$

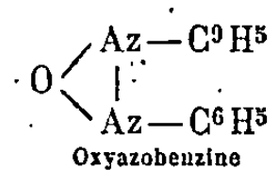
Les corps azoïques proprement dits se subdivisent encore en dérivés *azoïques*, *oxyazoïques* et *hydrazoïques;* les premiers contiennent le groupement $(Az=Az)''$, les seconds le groupement



et les derniers renferment



Exemples :

$AzH-C^6H^5$ $Az-C^6H^5$  $Az-C^9H^5$

$AzH-C^6H^5$ $Az-C^6H^5$ $Az-C^6H^5$

Hydrazobenzine — Azobenzine — Oxyazobenzine

Le premier corps azoïque connu a été découvert en 1834 par Mitscherlich; en soumettant la nitrobenzine qu'il venait de découvrir à l'action de la potasse alcoolique, ce savant obtint l'azobenzine. En 1845, Zinin, en étudiant cette réaction avec plus de soin, reconnut qu'il se forme d'abord de l'azooxybenzine.

Préparation. On prépare les dérivés azoïques par l'action ménagée des agents réducteurs sur les dérivés nitrés ou par oxydation des corps amidés correspondants. Toutefois, les matières colorantes azoïques qui renferment le groupement Az=Az sont préparées d'une manière différente. Comme nous le verrons plus tard, on les obtient par double décomposition d'un corps diazoïque avec un composé de la série aromatique.

Propriétés. Les corps azoïques conservent, en général, les propriétés des substances qui leur ont donné naissance; ainsi le corps azoïque dérivant d'un acide est lui-même acide; cette propriété est d'une importance capitale pour la préparation des matières colorantes azoïques. Une autre propriété des corps azoïques, sur laquelle nous devons insister, est leur manière de se comporter envers les agents réducteurs.

Lorsqu'on soumet un corps azoïque à une action réductrice énergique, il se scinde à la double liaison d'azote, et chacun des restes de la molécule fixe de l'hydrogène en donnant naissance à des corps amidés; exemple :

$$C^6H^5-Az=Az-C^6H^5+4H=2C^6H^5-AzH^2$$

Azobenzine — Hydrogène — Aniline

$$C^6H^5-Az=Az-C^6H^4-AzH^2+4H=$$

Amidoazobenzine

$$C^6H^5-AzH^2+C^6H^4(AzH^2)^2$$

Aniline — Phénylène-diamine

Cette propriété est très importante; car elle permet d'établir la constitution des corps azoïques. Supposons, par exemple, qu'en réduisant une certaine matière colorante orangée, on obtienne de l'amido-naphtol

$$C^{10}H^6\begin{cases}AzH^2\\OH\end{cases}$$

et de l'acide sulfanilique

$$C^6H^4\begin{cases}SO^3H\\AzH^2\end{cases};$$

la matière colorante soumise à l'analyse possédera la formule :

$$C^6H^4\begin{cases}SO^3H\\Az=Az-C^{10}H^6-OH\end{cases}$$

Nous verrons plus loin, comment on peut, de cette formule, déduire le mode de préparation de la substance.

Composés diazoïques. Ces corps n'ont de commun avec les corps azoïques que le même groupement atomique $(Az=Az)''$; ils en diffèrent totalement par leur mode de formation et leurs propriétés.

Historique. En 1848, Piria, en traitant l'asparagine par l'acide nitreux, réussit à la transformer en acide malique; l'asparagine étant une diamide, on voit que dans cette réaction on a remplacé le groupe amide AzH^2 par l'oxhydryle OH :

$$\begin{array}{l}CH-AzH^2\\|\\CH^2\\|\\CO-AzH^2\end{array}+2AzO^2H=2H^2O+2Az^2+\begin{array}{l}CH-OH\\|\\CH^2\\|\\CH-OH\end{array}$$

Asparagine (Diamide malique) — Acide nitreux — Acide malique

Cette réaction fut généralisée, la même année, par Strecker, qui transforma le glycocolle en acide glycolique, et la leucine en acide leucique :

$$\begin{array}{l}CH^2-AzH^2\\|\\COOH\end{array}+AzO^2H=\begin{array}{l}CH^2-OH\\|\\COOH\end{array}+Az^2+H^2O$$

Glycocolle (acide amidoacétique) — Acide nitreux — Acide glycolique (acide oxacétique)

$$C^5H^{10}\begin{cases}AzH^2\\COOH\end{cases}+AzO^2H=$$

Leucine (acide amidocaproïque) — Acide nitreux

$$C^5H^{10}\begin{cases}OH\\COOH\end{cases}+Az^2+H^2O$$

Acide leucique ou oxycaproïque

A la simple inspection des formules, on remarque que dans ces réactions l'hydrogène du groupe amide AzH^2 est oxydé par l'oxygène de l'acide nitreux, l'azote se dégage et le reste de l'eau, l'oxhydryle (OH), vient remplacer l'amide.

L'action de l'acide nitreux permet donc de transformer une amide en un corps oxhydrylé.

En 1849, Hunt trouva que l'aniline traitée par l'acide nitreux se transforme en phénol ou acide phénique.

$$C^6H^5-AzH^2+AzO^2H=C^6H^5-OH+Az^2+H2O$$

Aniline — Phénol

Finalement, en 1862, Griess examina avec plus de soin cette réaction; il prouva que la transformation de l'aniline en phénol a lieu en plusieurs phases ; il se forme d'abord de la *diazoamidobenzine,* qui se transforme plus tard en *diazobenzine ;* la diazobenzine, sous l'action de l'eau, donne le phénol.

I. $2\,C^6H^5AzH^2 + AzO^2H =$
Aniline
$C^6H^5-Az=Az-AzH-C^6H^5 + 2\,H^2O$
Diazoamidobenzine

II. $C^6H^5-Az=Az-AzH-C^6H^5 + AzO^2H =$
$2\,C^6H^5-Az=Az-OH$
Diazobenzine

III. $C^6H^5Az=Az-OH = Az^2 + C^6H^5OH$
Phénol

En réalité, c'est un sel de la diazobenzine qui se forme; par exemple, en opérant en présence d'acide chlorhydrique, on obtient en définitive le *chlorure de diazobenzine* ($C^6H^5-Az=Az-Cl$) dont la décomposition sous l'influence de l'eau peut être expliquée de la manière suivante :

$C^6H^5-Az=Az-Cl + H^2O = HCl + Az^2$
Chlorure de diazobenzine

C^6H^5-OH
Phénol

On voit donc que les dérivés diazoïques, dont la diazobenzine est le représentant le plus simple, sont des corps jouissant de propriétés basiques susceptibles de faire la double décomposition avec les acides.

Non seulement les corps diazoïques font la double décomposition avec les acides; ils peuvent également se combiner aux *phénols*, voire même aux *bases aromatiques ;* seulement, dans ce cas, au lieu de s'unir au reste aromatique par l'intermédiaire de l'oxygène ou de l'azote, ils s'unissent directement au carbone du noyau ; ils se transforment ainsi en dérivés qui renferment le groupement atomique ($Az=Az$) uni à deux atomes de carbone ; or, nous avons vu plus haut que cette constitution est celle des dérivés *azoïques.* Cette transformation a une importance industrielle énorme ; *c'est elle qui permet de préparer avec la plus grande facilité les matières colorantes azoïques.*

Pour fixer les idées, nous étudierons la formation de l'orangé II, qui est une des matières colorantes azoïques les plus importantes. On l'obtient en faisant agir le dérivé diazoïque de l'acide sulfanilique (acide amidophénylsulfureux) sur le β naphtol. Supposons que le corps diazoïque ait été préparé en liqueur acidifiée par l'acide chlorhydrique ; les équations suivantes représentent les réactions par lesquelles on arrive à l'orangé.

I. $C^6H^4 \begin{cases} SO^3H \\ AzH^2 \end{cases} + HCl + AzO^2H =$
Acide sulfanilique

$C^6H^4 \begin{cases} SO^3H \\ Az=Az-Cl \end{cases} + 2\,H^2O$
Chlorure de l'acide diazophénylsulfureux

II. $C^6H^4 \begin{cases} SO^3H \\ Az=Az-Cl \end{cases} + C^{10}H^7-OH =$
β. Naphtol

$C^6H^4 \begin{cases} SO^2H \\ Az=Az-C^{10}H^6-OH \end{cases} + HCl$
Acide . . Naphtol—azophénylsulfureux (Orangé II)

Nous n'indiquons ici que le mécanisme de la réaction, nous étudierons plus loin la mise en pratique du procédé.

Les principes sur lesquels se fonde la fabrication des matières colorantes azoïques sont donc les suivants :

1. Toute substance de la série aromatique contenant un groupe amide AzH^2 se transforme en un corps diazoïque sous l'influence de l'acide nitreux.

2. Le corps diazoïque ainsi formé peut se combiner à des restes de molécules aromatiques qui contiennent des groupes salifiables et donner un corps azoïque proprement dit, qui jouit en général de propriétés colorantes.

Propriétés générales des matières diazoïques. Les dérivés diazoïques sont des corps très instables ; ils se décomposent à des températures peu élevées avec explosion ; leur maniement à l'état sec est impossible dès qu'on dépasse des quantités minimes de substance ; on ne les isole pas industriellement.

Dans la préparation en grand des corps diazoïques, on opère avec des dissolutions aqueuses très étendues et à des températures voisines de zéro ; on fait réagir immédiatement le corps diazoïque sur le corps aromatique dont on veut préparer le colorant azoïque ; on évite ainsi toute décomposition ultérieure et la transformation en matière colorante a lieu d'une manière *quantitative.* Ces réactions peuvent même être utilisées pour des dosages rigoureux de certaines substances, telles que acide sulfanilique, naphtol, etc.

Les corps diazoïques donnent lieu, avec la plus grande facilité, aux réactions les plus diverses ; nous mentionnerons les principales :

1. Lorsqu'on traite un sel diazoïque par l'alcool, l'azote est éliminé et est remplacé par de l'hydrogène ; le chlorure de diazobenzine donne, par exemple, de la benzine, à côté d'azote libre, d'acide chlorhydrique et d'aldéhyde :

$C^6H^5-Az=Az-Cl + \begin{matrix} CH^3 \\ | \\ CH^2OH \end{matrix} =$
Chlorure de diazobenzine — Alcool

$C^6H^6 + Az^2 + HCl + \begin{matrix} CH^3 \\ | \\ COH \end{matrix}$
Benzine — Aldéhyde

2. Soumis à une ébullition avec de l'eau, ils perdent de l'azote, qui est remplacé par le reste de l'eau, l'oxhydryle (OH)'.

$C^6H^5-Az=Az-Cl + H^2O = HCl + Az^2 + C^6H^5OH$
Chlorure de diazobenzine — Phénol

Ces deux réactions sont de la plus haute importance, car elles permettent de remplacer le groupe amidogène AzH^2 par l'hydrogène ou l'oxhydryle, en passant par l'intermédiaire du corps diazoïque. On arrive ainsi à établir facilement la constitution de beaucoup de corps de la série aromatique. Notons ici, en passant, que la propriété de former des corps diazoïques appartient exclusivement aux corps de la série de la benzine (série aromatique) ; les corps amidés de la série du méthane (série grasse) traités par l'acide nitreux, ne donnent pas lieu à la formation du groupement atomique $(Az-Az)''$ qui caractérise les corps azoïques ; comme nous l'avons vu plus haut, l'échange de l'amidogène AzH^2 contre l'oxhydryle OH a lieu sans production de corps intermédiaires ou, si ces corps se produisent, ils sont tellement instables qu'ils se décomposent au fur et à mesure de leur formation.

Constitution des corps diazoïques. Selon Kékulé, à l'hypothèse duquel nous nous rattachons, les dérivés diazoïques libres renferment le groupement $(Az=Az-OH)'$; ce sont des bases du type ammonium. Vient-on à remplacer OH par le chlore, le brome, ou par un reste acide, on obtient les sels des dérivés diazoïques, corps connus à l'état de liberté. Les réactions suivantes représen-

tent la formation du chlorure et du sulfate de diazobenzine :

$$C^6H^5-Az=Az-OH+HCl=$$

Diazobenzine libre

$$H^2O+C^6H^5-Az=Az-Cl$$

Chlorure de diazobenzine

$$2C^6H^5-Az=Az-OH+K^2SO^4=$$

$$2H^2O+\begin{matrix}C^6H^5-Az=Az\\C^6H^5-Az=Az\end{matrix}\!>SO^4$$

Sulfate de diazobenzine

Il est des cas où, lorsqu'on essaie de mettre en liberté le corps diazoïque, il y a formation d'*anhydride intramoléculaire ;* les corps ainsi formés sont alors analogues aux anhydrides basiques, tels que l'oxyde de potassinm K^2O, etc. Par exemple, lorsqu'on essaie de diazoter le nitro-amido-phénol.

$$C^6H^3\begin{matrix}\diagup AzO^2\\-AzH^2\\\diagdown OH\end{matrix}$$

On n'obtient pas le corps diazoïque normal :

$$C^6H^3\begin{matrix}\diagup AzO^2\\-Az=Az-OH\,(b)\\\diagdown OH\,(a)\end{matrix}$$

parce que le groupe OH(a) à fonction acide, neutralise le groupe OH(b), qui est basique ; il se forme de l'eau et un sel formé à l'intérieur de la molécule :

$$C^6H^3\begin{matrix}\diagup AzO^2\\-Az=Az\\\diagdown O\diagup\end{matrix}$$

Diazonitrophénol

Dérivés diazoamidés. On nomme *dérivés diazoamidés* des corps diazoïques où le groupe (Az^2) est uni d'un côté à un radical hydrocarboné, et de l'autre à un reste d'amine, par l'intermédiaire de l'azote. Le corps

$$C^6H^5-Az=Az-AzH-C^6H^5$$

Diazoamidobenzine

en est le représentant le plus simple. On obtient les dérivés diazoamidés en faisant agir les dérivés diazoïques sur les amines primaires.

Ils forment, en général, des substances bien cristallisées, beaucoup plus stables que les dérivés diazoïques proprement dits. Soumis pendant un temps prolongé à l'action des amines ou de leurs sels, ils subissent une transformation moléculaire, en donnant les corps amidoazoïques. Exemple :

$$C^6H^5-Az=Az-AzH.C^6H^5=$$

Diazoamidobenzine

$$C^6H^5-Az=Az-C^6H^4-AzH^2$$

Amidoazobenzine

Ces dernières substances n'appartiennent plus à la classe des corps diazoïques. Ce sont des produits de substitution des dérivés azoïques. Il est probable que dans la préparation des matières colorantes azoïques il se passe des phénomènes semblables. Dans une première phase, le dérivé diazoïque réagirait sur l'amine, en donnant un dérivé diazoamidé. Ce dernier subirait, ensuite, facilement une transformation moléculaire, en fournissant le dérivé azoïque cherché.

Le lecteur nous pardonnera cette longue digression théorique ; les réactions dont nous avons parlé sont entrées depuis longtemps dans le domaine pratique en créant une nouvelle industrie, dont l'importance se chiffre aujourd'hui par millions. Or, ce sont les belles recherches de Griess, entreprises dans un but purement théorique, qui ont permis ce développement sans exemple de l'industrie qui nous occupe ; il était de toute nécessité de les exposer dans leur ensemble. Ce fait se retrouve généralement dans toutes les branches de l'industrie des matières colorantes artificielles ; c'est surtout à la faveur dont jouissent les études chimiques en Allemagne qu'est due la prépondérance de ce pays dans cette branche de l'activité industrielle.

Avant d'entreprendre la description de la fabrication des matières colorantes azoïques, nous donnerons un court historique sur les progrès accomplis jusqu'ici.

En 1861, Mène obtint une substance jaune en faisant passer des vapeurs nitreuses dans de l'aniline.

Guigon, Luthringer signalent des réactions analogues. En 1864, la maison Simpson, Maule et Nicholson introduisit dans le commerce une matière colorante jaune constituée par l'oxalate de l'amidoazobenzine. Ce produit ne fut pas adopté par les teinturiers, à cause de son peu de stabilité.

En 1860, Willm eut, le premier, l'idée d'appliquer à la teinture des fibres végétales la coloration noir-bleu que prennent les sels d'aniline sous l'influence des oxydants. Toutefois, la véritable création du noir d'aniline remonte à l'année 1863 ; elle est due à J. Lightfoot d'Accrington.

En 1866, Martius et Griess remarquèrent la production d'une matière colorante bleue, en chauffant l'amidoazobenzine avec de l'aniline : c'est l'*induline*, probablement identique au bleu Coupier.

En 1867, Schiendl, de Vienne, découvrit le rose de naphtylamine ou rose de magdala, corps analogue à l'induline.

En 1868, Perkin lança dans le commerce une nouvelle matière colorante rouge, la *safranine*, signalée quelques années auparavant, par Willm.

En 1871 apparaît le brun de phénylène diamine (triamidoazobenzine), découvert par Caro et Griess. Les nouvelles découvertes prennent maintenant une tout autre tournure ; les réactions qui leur donnent naissance sont suffisamment étudiées pour qu'on puisse, sans tâtonner, arriver à de nouvelles matières colorantes. Le premier pas en cette voie a été fait par Z. Roussin, auquel revient le mérite d'avoir découvert les matières colorantes azoïques sulfoconjuguées (Rouge Amélie) (1875). Peu de temps après, Caro et Witt, indépendamment l'un de l'autre (1876), découvraient la chrysoïdine (Diamidoazobenzine).

Citons encore, parmi les découvertes toutes récentes :

L'orangé I et II, fabriqué par Poirrier en novembre 1876 ;

L'orangé IV et la chrysoïne, la roccelline, de la même maison, en 1877 ;

Le jaune solide (amidoazobenzine sulfonée), découvert en 1879, par Græssler ;

Les ponceaux de la maison Meister, Lucius et C°, de Hœchst, découverts en 1878 ;

Et, finalement, l'écarlate de Briebrich, le représentant le plus important de la classe des dérivés tétrazoïques, découvert en 1876, par Nietzki.

Dans cette étude nous diviserons les matières colorantes azoïques en deux grandes catégories.

I. *Corps à constitution peu connue pouvant se rattacher en quelque sorte aux composés azoïques.*

Ce sont les *safranines*, les *indulines*, le *rose de Magdala* et le *noir d'aniline.*

II. *Corps à constitution connue, obtenus au moyen de corps diazoïques.*

Cette catégorie est de beaucoup la plus importante ; elle peut être subdivisée à son tour en quatre classes :

(*a*) Corps formés en faisant réagir un dérivé diazoïque sur une base aromatique. Ce sont les corps dits *amidoazoïques*. On peut les subdiviser en *mono-*, *di-*, et *tri-amidoazoïques*, selon qu'ils renferment 1, 2 en 3 groupes *amide.*

(*b*) Corps formés en faisant réagir un dérivé diazoïque sur un phénol. Ce sont; en quelque sorte, des corps oxyazoïques ou mieux des *azo-phénols*, car il conviendrait de réserver le nom oxyazoïques aux substances qui renferment le groupement diatomique.

$$\left(\begin{array}{c}Az - Az\\ \diagdown O \diagup\end{array}\right)''$$

(*c*) Corps *tétrazoïques*, renfermant deux fois le groupement $(Az=Az)''$. Cette classe peut être subdivisée en deux autres: dans l'une les deux groupes $(Az=Az)''$ sont en *para*, par rapport au noyau benzénique qui les unit; dans l'autre, ils sont en *méta*. — V. Aromatique, § *Série aromatique*.

Le tableau suivant rend compte de cette classification:

Dérivés amidoazoïques	monoamidés	jaune d'aniline, jaune solide, rouge Amélie, orangés 3 et 4, substitut d'orseille.
	diamidés	chrysoïdines.
	triamidés	bruns de phénylène.
Azophénols	dérivant des oxybenzines	chrysoïne, Tropéoline Y, jaune de Philadelphie.
	dérivant des naphtols	orangés 1 et 2, ponceaux de xylidine et d'anisidine, Bordeaux, Roccelline.
Dérivés tétrazoïques	en para	écarlate de Biebrich ou éricine. Crocéine.
	en méta	tétrazos de la résorcine.

I. **Matières colorantes azoïques à constitution peu connue.** *Induline*. On comprend sous le nom d'*indulines* des matières colorantes allant du bleu-violet au gris-bleu, qui se forment par l'action des amines aromatiques sur les dérivés amidoazoïques, avec élimination d'ammoniaque. Depuis quelque temps, ces produits sont préparés industriellement et livrés au commerce soit purs, soit mélangés à d'autres matières colorantes bleues, surtout l'extrait de campêche; les nombreux *substituts d'indigo* ont une composition analogue. Les matières colorantes pures sont insolubles dans l'eau; en les traitant par l'acide sulfurique concentré, on parvient à les rendre solubles; le procédé suivi est le même que celui d'après lequel on obtient les bleus Nicholson (V. Bleu). Ces dérivés sulfoconjugués sont connus sous le nom de induline, nigrosine, bleu Coupier, etc.

L'induline la plus simple dérive de l'amidoazobenzine; elle s'obtient par l'action de l'aniline sur ce corps; l'équation suivante représente la réaction.

$$\underset{\text{Amidoazobenzine}}{C^6H^5-Az=Az-C^6H^4-AzH^2} + \underset{\text{Aniline}}{C^6H^5-AzH^2} = AzH^3 + \underset{\substack{\text{Bleu}\\ \text{d'azodiphényle}}}{C^{18}H^{15}Az^3}$$

Ammoniaque

Le produit ainsi obtenu est probablement identique à la *violaniline*, un des produits secondaires de la fabrication de la fuchsine.

Le bleu d'azodiphényle s'obtient également par un procédé tout différent, employé par un fabricant français bien connu, M. Coupier de Creil; ce procédé consiste à chauffer un mélange de nitrobenzine et d'aniline pures avec du fer et de l'acide chlorhydrique.

Préparation industrielle de l'induline. *Procédé Coupier*. Dans des chaudières en fonte émaillée on introduit le mélange d'aniline, de nitrobenzine, de fer et d'acide chlorhydrique; chaque chaudière est surmontée d'une voûte faisant fonction de chapiteau, percé de deux ouvertures; dans l'une s'engage un agitateur mécanique; l'autre livre passage à un tube communiquant avec un serpentin réfrigérant où se condensent les produits qui échappent à la réaction. On élève progressivement jusqu'à 190°, en ayant soin de ne pas dépasser cette limite, au delà de laquelle il se forme des produits secondaires, non colorants, en grande quantité. La cuite dure huit heures à peu près. Le produit brut qui en résulte est chauffé jusque vers 90° avec de l'acide sulfurique concentré; on précipite par l'eau l'acide sulfoconjugué formé et on dissout le produit lavé dans de la soude caustique. La dissolution du sel de soude est évaporée dans des chaudières en tôle, chauffées à feu nu; on dessèche le produit sur des plateaux en tôle chauffés par la chaleur perdue du foyer.

Le bleu soluble est livré sous forme de petites masses sèches, amorphes, d'un bleu noirâtre; il se dissout dans l'eau avec une riche couleur bleue. Le bleu insoluble, qui est constitué par l'acide libre, sert en impression pour produire des noirs et surtout des gris.

Procédé Hofmann et Geyger. Dans des chaudières en fonte émaillée, munies d'agitateurs mécaniques, on chauffe 3 parties d'amidoazobenzine avec 2 parties de chlorhydrate d'aniline, à 160-180°; il s'élimine du chlorure d'ammonium; on reprend le tout par l'eau bouillante, qui enlève le chlorure d'ammonium et le chlorhydrate d'aniline inattaqué. L'induline reste sous forme d'une poudre d'un bleu foncé. On la transforme en bleu soluble de la manière suivante: on introduit 1 partie de substance desséchée dans 3-4 parties d'acide sulfurique à 66°, pur ou mélangé d'acide, fumant suivant le degré de sulfoconjugaison qu'on désire obtenir et on élève lentement la température à 120-140°, où on la maintient pendant cinq heures jusqu'à ce qu'une tâte, débarrassée par lavage de l'acide sulfurique se dissolve complètement dans l'ammoniaque chauffée à 60-70°. On verse alors la masse encore chaude dans 5-6 fois son poids d'eau; la matière colorante se précipite, on la lave par décantation jusqu'à ce que l'eau de lavage n'ait plus qu'une faible réaction acide. On filtre le précipité et on le dissout dans la quantité calculée de soude caustique bouillante. On évapore à siccité, en ayant soin de ne pas dépasser 70°. Le produit ainsi obtenu constitue l'induline soluble.

L'action de l'acide sulfurique sur l'induline est analogue à celle de ce réactif sur les bleus de triphénylrosaniline; les acides monosulfonés sont insolubles dans l'eau, les acides disulfonés sont peu solubles et les dérivés tri- et tétrasulfonés sont

solubles. Quant aux sels alcalins de ces acides, ils sont tous solubles dans l'eau.

L'induline non sulfonée est soluble dans l'alcool. Elle teint les fibres textiles en gris plus ou moins bleuâtre. Pour teindre avec la nigrosine, on la dissout à chaud dans l'alcool acidulé, et on ajoute la dissolution filtrée au bain de teinture acide; on introduit alors le tissu et on chauffe graduellement jusqu'à l'ébullition; on maintient le bain à cette température jusqu'à ce qu'on ait obtenu la nuance désirée. Ces bains de teinture présentent le désavantage de déposer la matière colorante, ce qui donne lieu à une teinture irrégulière; ils *n'unissent pas*. L'induline sulfonée s'emploie également en bain acide.

Mentionnons ici un produit analogue à l'induline, que l'on prépare en Allemagne depuis 1863, la *nigrosine*. Cette matière colorante est employée pour teindre la laine, la soie et les peaux en gris et en noir; les nuances que l'on réalise avec ce produit résistent parfaitement à l'action de l'air et de la lumière.

La nigrosine se forme en chauffant un mélange d'aniline et de nitrobenzine avec un oxydant; l'aniline elle-même, dans de certaines conditions d'oxydation, donne naissance à la nigrosine. De même, un mélange de nitrobenzine et de chlorhydrate d'aniline forme de la nigrosine. Nous décrirons un procédé de préparation de cette matière colorante. Dans une chaudière en fonte émaillée, munie d'un agitateur, on introduit 22 parties de chlorhydrate d'aniline et 10 parties d'une dissolution aqueuse d'acide arsénique à 75 0/0; on chauffe pendant quatre à cinq heures à 190°, puis on élève la température jusqu'à 220-230° jusqu'à ce qu'une tâte se dissolve dans l'eau bouillante en jaune clair. On ajoute alors à la masse un léger excès de soude caustique en dissolution concentrée et on élimine l'aniline inattaquée par entraînement à la vapeur d'eau; la base de la nigrosine est filtrée et lavée à l'eau bouillante; on la traite ensuite par l'acide chlorhydrique très dilué et bouillant jusqu'à dissolution presque complète; on précipite de nouveau la base par la soude caustique, et on la redissout dans l'acide chlorhydrique, comme précédemment. On précipite par le sel, on redissout le produit dans l'eau distillée bouillante; la matière colorante se dépose par le refroidissement. En répétant plusieurs fois cette dernière opération, on obtient le produit à l'état de pureté. On obtient une marque bleuâtre si on est parti d'aniline pure; une aniline contenant de la toluidine donne un produit d'un noir plus intense. On est arrivé à produire industriellement, par des procédés tenus secrets, des nigrosines de nuances différentes, en variant la composition du mélange des bases à oxyder et en opérant à des températures variables, maintenues rigoureusement constantes.

En général, l'emploi de nitrobenzine donne lieu à la formation d'une grande quantité de produits insolubles dans l'eau neutre et acide. Plus l'aniline employée contient de toluidine, plus la nuance des produits vire au brun. L'addition de sels métalliques fonce la nuance.

Propriétés des nigrosines. Les nigrosines se dissolvent dans la benzine et le pétrole en rouge-pourpre si elles sont alcalines, en bleu-verdâtre si elles sont acides. Les fibres teintes en nuances claires par la nigrosine sont transformées par les oxydants en un violet d'un gris rougeâtre; les réducteurs décolorent le tissu, par suite d'une transformation en leuconigrosine incolore.

L'acide azotique, même concentré, n'a pas d'action sur le bleu et le noir de nigrosine.

On peut employer la nigrosine dans l'impression de la soie et de la laine pour produire des gris, des bleus ou des noirs. On la dissout alors dans de l'aniline ou du chlorhydrate d'aniline; la dissolution convenablement épaissie est imprimée; le tissu est vaporisé et lavé.

Mentionnons ici une autre matière colorante appartenant à la classe des indulines. C'est le rose de naphtylamine ou rose de Magdala, l'induline la plus simple de la série de la naphtaline. Le rose de naphtylamine s'obtient en faisant agir la naphtylamine sur l'amidoazonaphtaline; il se forme de l'ammoniaque en même temps que la nouvelle matière colorante.

L'amidoazonaphtaline se prépare d'une matière analogue à l'amidoazobenzine (V. plus loin), en remplaçant l'aniline par la naphtylamine.

Voilà comment s'effectue la transformation du dérivé amidoazoïque en matière colorante (Wurtz, *Matières colorantes*, p. 157).

Dans un ballon de 10 à 12 litres, chauffé au bain-marie, on introduit 3 kilogrammes d'amidoazonaphtaline, 3 kilogrammes de naphtylamine pulvérisée, 2,55 kilogrammes d'acide acétique cristallisable. On élève la température vers 150° jusqu'à ce que la dissolution soit complète. Il se dégage de l'ammoniaque; la matière colorante se forme peu à peu. On arrête l'opération aussitôt que l'on voit apparaître sur les bords du ballon une coloration violette; on ajoute alors 150 à 200 grammes d'acide acétique cristallisable et on coule le contenu du ballon sur des plaques en fonte émaillée.

Le produit est purifié de la manière suivante: On dissout 10 kilogrammes de matière brute dans 500 litres d'eau acidulée par l'acide chlorhydrique. Quand la solution est complète, on passe à travers des filtres en feutre, on sature exactement la liqueur par du carbonate de soude et on y ajoute un excès de chlorure de sodium. Le chlorhydrate de rosanaphtylamine se précipite à l'état cristallin. On le purifie en le dissolvant à plusieurs reprises dans l'eau acidulée et en précipitant par le chlorure de sodium.

Le chlorhydrate de rosanaphtylamine ou rose de Magdala se présente sous forme d'une poudre cristalline d'un brun foncé; il est peu soluble dans l'eau froide, plus soluble dans l'eau et l'alcool bouillants.

La dissolution alcoolique présente une magnifique fluorescence rouge feu.

La rosanaphtylamine s'est formée d'après l'équation suivante:

$$C^{10}H^7-Az=Az-C^{10}H^6-AzH^2+C^{10}H^7-AzH^2=$$
Amidoazonaphtaline — Naphtylamine

$$C^{30}H^{21}Az^3+AzH^3$$
Rosanaphtylamine

Le rose de Magdala teint la soie en rose vif; la fluorescence caractéristique de ce produit se communique à la soie; sur laine il donne des nuances ternes.

La consommation de cette belle matière colorante est très limitée: elle ne dépasse pas 30 à 40 kilogrammes par an.

Safranine. Le mode de formation des safranines n'a été éclairci que dans ces dernières années, surtout par les travaux de Witt et de Bindschedler. On obtient les safranines en soumettant à l'oxydation un mélange de 1 molécule d'une para-diamine avec 2 molécules d'un monoamine aromatique. Par exemple:

$$C^7H^6(AzH^2)^2+2C^7H^7.AzH^2+O^4=$$
Crésylène-diamine — Toluidine

$$4H^2O+C^{21}H^{20}O^4$$
Safranine

On peut remplacer la paracrésylène-diamine par de la paraphénylène-diamine, la toluidine par de l'aniline ou un mélange des deux alcaloïdes et ainsi de suite. Il existe donc toute une série de safranines. Suivant que l'on emploie pour les produire, l'un ou l'autre de ces mélanges, on obtient les différentes marques commerciales à nuance plus ou moins violette.

Pour avoir le mélange de la para-diamine et d'une monoamine, on a recours à l'action des réducteurs sur les dérivés amido-azoïques, qui, comme nous l'avons dit dans l'introduction théorique, se scindent, en pareil cas, à la double liaison d'azote:

Pour la préparation industrielle de la safranine, on part, en général, des *échappés* de la fabrication de la fuchsine. On transforme ce produit, qui est un mélange d'aniline et d'orthotoluidine, en dérivé amidoazoïque; ce dernier est réduit par la poussière de zinc. Pour fixer les idées, supposons que les échappés employés contiennent surtout de l'orthotoluidine; par l'action de l'acide azoteux, on obtiendra l'orthoamidoazotoluène:

$$2C^6H^4\begin{cases}CH^3\\AzH^2\end{cases}+AzO^2H=$$
Ortho-toluidine

$$CH^3-C^6H^4-Az=Az-C^6H^3\begin{cases}CH^3\\AzH^2\end{cases}+2H^2O$$
Ortho-amidoazotoluène

L'amidoazotoluène, traité par la poussière de zinc, donnera un mélange de toluidine (ortho-) et de paratoluylènediamine

$$CH^3-C^6H^4-Az=Az-C^6H^3\begin{cases}CH^3\\AzH^2\end{cases}+H^4=$$

$$CH^3-C^6H^4-AzH^2+AzH^2-C^6H^3\begin{cases}BH^3\\AzH^2\end{cases}$$
Ortho-toluidine — Paracrésylène-diamine

Finalement, en ajoutant à ce mélange encore une molécule de orthotoluidine et en soumettant le tout à l'oxydation, on obtiendra de la safranine.

Voilà comment s'exécutent les opérations en grand. On transforme les *échappés* en dérivés amidoazoïques d'après le procédé ordinaire (V. AMIDOAZOBENZINE). On introduit alors le corps azoïque dans un récipient en fonte émaillée, muni d'un agitateur, et on y ajoute de l'acide acétique dilué et de la poussière de zinc jusqu'à ce que le tout se soit dissous en donnant une liqueur d'un rose clair; on ajoute alors une certaine quantité d'échappés (la moitié de ce qui a été précédemment employé pour la préparation du dérivé amidoazoïque) et on oxyde la liqueur très étendue par la quantité calculée de bichromate de potassium (il faut employer un peu moins de 4 atomes d'oxygène pour 2 molécules de toluidine); après une ébullition de quelques heures, on ajoute un lait de chaux en quantité suffisante pour saturer l'acide libre et précipiter le chrome à l'état d'hydrate; on filtre; la liqueur d'un rose vif contient la safranine en dissolution; on précipite par le sel marin et on purifie le produit en le redissolvant dans l'eau et en reprécipitant par le sel.

Suivant la composition des échappés que l'on emploie, on obtient des safranines de différentes nuances. C'est ainsi que l'oxydation d'un mélange où l'aniline domine donne une safranine violacée (phénosafranine de MM. William Thomas et Dower) tandis que la paratoluidine donne des safranines à marque jaune.

Propriétés de la safranine. La safranine commerciale est constituée généralement par un chlorhydrate. Elle forme une poudre brune, soluble dans l'eau; les dissolutions teignent la soie en nuances approchant de celles qu'on réalise avec le carthame. Malheureusement la lumière décolore assez rapidement les tissus teints en safranine.

Les sels de la safranine se décomposent par une ébullition prolongée; la plupart de ces sels sont solubles dans l'eau et l'alcool, insolubles dans l'éther, qui les précipite de leurs dissolutions alcooliques.

Les sels des safranines donnent avec les acides concentrés une réaction caractéristique. En additionnant avec précaution une solution aqueuse d'un sel de safranine d'acide sulfurique concentré, la couleur rouge du liquide vire successivement au violet, bleu-foncé, vert-foncé et vert-clair. L'addition d'eau donne lieu aux mêmes colorations en sens inverse.

La safranine qui, à l'origine, se vendait à des prix extrêmement élevés, a beaucoup souffert de l'apparition des phtaléines; elle n'est plus guère employée sur soie, mais la teinture du coton en consomme encore passablement; elle donne en teinture des nuances très pures, allant du rose au rouge un peu écarlate. Son prix est actuellement de 35 à 40 francs le kilogramme.

Mauvéine (Rosolane). Cette matière colorante a été le premier produit préparé en grand. La découverte en est due à Perkin (1856). Quoique la constitution de la mauvéine soit loin d'être éclaircie, il est toutefois probable qu'elle est dans d'étroits rapports de parenté avec les safranines. En effet, lorsqu'on soumet la safranine à l'action de l'aniline, il se forme une matière colorante qui présente les plus grandes analogies avec la mauvéine

de Perkin. Les applications de cette belle matière colorante sont beaucoup moins importantes qu'autrefois depuis l'apparition des violets Hofman et du violet de Paris. Toutefois, sa fabrication n'est pas entièrement abandonnée, car elle rachète en solidité ce qu'elle perd en éclat lorsqu'on la compare aux nouveaux violets. Ceci nous engage à en dire quelques mots.

PRÉPARATION DE LA MAUVÉINE. Dans une marmite en fonte émaillée de la contenance de 400 litres, on introduit 4 kilogrammes d'aniline, 2,2 kilogrammes d'acide sulfurique 66° Baumé, 60 litres d'eau. On verse peu à peu dans la dissolution refroidie une dissolution également froide de 6,4 kilogrammes bichromate de potasse dans 40 litres d'eau. On abandonne la masse à elle-même, pendant 2 jours, en remuant de temps en temps. On filtre le précipité noir ainsi obtenu et on le lave d'abord avec de l'acide sulfurique à 2° Baumé, puis avec de l'eau froide. On épuise le résidu par une ébullition prolongée avec 300 à 400 litres d'eau, on filtre et on précipite la liqueur violette par la soude caustique et le sel marin. On redissout le précipité dans l'eau bouillante et on le reprécipite par la soude et le sel.

Les rendements sont très faibles : ils varient entre 7 à 10 0/0 du poids de l'aniline employée.

La mauvéine teint les fibres animales en violet rouge très solide ; c'est une base énergique qui chasse l'ammoniaque de ses sels.

Noir d'aniline. Notre intention n'est pas de décrire ici les applications du noir d'aniline ; cette étude est du domaine de l'impression et de la teinture des tissus et sera traitée dans des articles spéciaux. Le noir d'aniline n'est pas une matière colorante proprement dite ; elle ne se fabrique pas industriellement ; on la produit directement sur la fibre par l'oxydation d'un sel d'aniline. Le noir d'aniline présente beaucoup d'avantages sur les autres noirs employés en impression ; il est insoluble, et une fois produit sur le tissu, il résiste à toute action ; lorsqu'on essaie de le détruire, on n'y parvient qu'en détruisant en même temps le tissu.

Dans les lignes suivantes nous décrirons la préparation et les propriétés du corps noir obtenu par l'action des oxydants sur l'aniline.

Le noir est un dérivé de la phénylamine (aniline) elle-même. Les homologues supérieurs de l'aniline ne jouent aucun rôle dans sa formation.

On l'obtient, entre autres, de la manière suivante. On chauffe à 60° une dissolution formée de :

Chlorhydrate d'aniline.	40	parties.
Sulfate de cuivre.	30	—
Sel ammoniac.	16	—
Eau.	500	—

Il se forme une masse noire épaisse ; on ajoute de l'eau, on filtre et on lave avec soin le précipité.

Le noir d'aniline est insoluble dans tous les dissolvants. L'acide sulfurique le transforme à une douce chaleur en un acide sulfoconjugué, soluble dans l'eau.

Il paraît établi maintenant que la composition de noir d'aniline correspond à la formule $(C^6H^5Az)^n$ sans qu'il ait été possible toutefois de fixer sûrement la valeur de n.

L'aniline transforme à 160° le noir d'aniline en une matière colorante bleue, soluble dans l'alcool. Le noir d'aniline, traité par les réducteurs énergiques (étain et acide chlorhydrique ; phosphore et acide iodhydrique) se scinde en *paraphénylène-diamine* et en *diamidodiphénylamine*, d'après l'équation :

$$C^{30}H^{25}Az^5 + H^4 = \underset{\text{Noir d'aniline}}{C^6H^4(AzH^2)^2} \quad \underset{\text{Paraphénylène-diamine}}{}$$

$$+ \underset{\text{Diamidodiphénylamine}}{AzH(C^6H^4-AzH^2)^2} + (C^6H^4)^2$$

Les deux restes C^6H^4, peuvent sous l'influence de l'hydrogène naissant se transformer en diphényle :

$$(C^6H^4)^2 + H^2 = \begin{matrix} C^6H^5 \\ | \\ C^6H^5 \end{matrix}$$

Diphényle

Cette réaction prouve que dans le noir d'aniline les restes aromatiques sont unis, au moins en partie, par l'intermédiaire de l'azote, ce qui le rapproche des dérivés amido-azoïques. La matière colorante bleue, obtenue par l'action de l'aniline pourrait alors être assimilée aux indulines ; elle serait au noir ce que l'induline proprement dite est au jaune d'aniline.

Notons ici la grande analogie qui existe entre les réactions qui donnent naissance aux indulines (V. plus haut) et à celle d'après laquelle on obtient du noir d'aniline. Dans les deux cas, la base aromatique est soumise à une oxydation plus ou moins énergique ; les produits formés présentent des analogies très marquées.

II. **Matières colorantes azoïques à constitution connue.** Avant de passer à l'étude spéciale de ces matières colorantes, il ne sera pas inutile de dire quelques mots sur leur préparation en général.

Nous avons mentionné, à plusieurs reprises, dans le cours de cet article, la réaction au moyen de laquelle on obtient les couleurs azoïques :

Les composés diazoïques réagissent sur les dérivés aromatiques à fonction acide ou basique et donnent lieu à la formation d'un corps azoïque.

Il ressort de cela que la fabrication des matières colorantes azoïques a lieu en deux phases. Dans la première, on transforme l'amine primaire aromatique en dérivé diazoïque. Dans la seconde, on fait réagir ce corps sur l'autre composé aromatique qu'on désire associer au diazo.

La préparation des dérivés diazoïques libres à l'état sec est très difficile et très dangereuse ; qu'il nous suffise de rappeler leur facile décomposition et leurs propriétés explosives ; heureusement pour l'industrie, il n'est nullement nécessaire d'isoler ces corps ; il suffit de les produire en solutions aqueuses et de faire réagir directement cette dissolution sur le phénol ou l'amine. Or, il existe beaucoup de moyens pour arriver à transformer les amines en dérivés diazoïques. Les corps suivants peuvent remplir cet office.

1° Acide nitreux et vapeurs nitreuses ; 2° ni-

trites métalliques; 3° Cristaux des chambres de plomb; 4° chlorure de nitrosyle; 5° nitrites alcooliques.

De tous ces agents, le seul employé industriellement est le nitrite de soude. On a employé autrefois les vapeurs nitreuses dans la préparation de la safranine.

PRÉPARATION DU NITRITE DE SOUDE. Ce produit n'a été préparé en grand que depuis l'introduction des couleurs azoïques. On a rapidement abandonné l'ancien procédé (fusion du nitrate avec le plomb).

Le nitrite de soude est préparé actuellement par les procédés suivants :

1° Par fusion du nitrate avec du graphite en poudre fine;

2° En fondant un mélange de nitrate de sodium et de sulfite de sodium.

Dans le premier procédé le graphite, qui n'est que du carbone pur, s'empare d'un atome d'oxygène du nitrate :

$$\underset{\text{Carbone}}{C} + \underset{\substack{\text{Nitrate}\\\text{de soude}}}{NaAzO^3} = \underset{\substack{\text{Oxyde}\\\text{de carbone}}}{CO} + \underset{\substack{\text{Nitrite}\\\text{de soude}}}{AzO^2Na}$$

Dans le second procédé il y a double décomposition avec formation de sulfate de soude et de nitrite.

$$\underbrace{\underset{\text{Sulfite}}{NaSO^3} + \underset{\text{Nitrate}}{NaAzO^3} = \underset{\text{Nitrite}}{NaAzO^2} + \underset{\text{Sulfate}}{Na^2SO^4}}_{\text{de soude}}$$

Les détails du procédé ne sont pas connus.

L'emploi des cristaux des chambres

$$\left(SO^2 < \begin{matrix} OAzO \\ OH \end{matrix}\right)$$

a été breveté par Girard et Pabst.

Les cristaux des chambres, chauffés avec du chlorure de sodium, donnent naissance à du chlorure de nitrosyle AzOCl; ce corps réagit très facilement, lorsqu'on le fait passer à travers l'aniline refroidie qu'il transforme quantitativement en amidoazobenzine. Quant aux nitrites alcooliques (surtout le nitrite d'amyle), ils ne trouvent leur emploi que pour des préparations scientifiques et n'ont jamais été l'objet d'une application industrielle.

La préparation en grand des dérivés diazoïques s'effectue en solution aqueuse très diluée; elle varie un peu suivant que le corps à diazoter jouit de propriétés acides ou basiques. Nous décrirons plus loin les différents modes opératoires.

La transformation du corps diazoïque en matière colorante s'effectue également dans la plupart des cas, en dissolution aqueuse diluée. Les procédés opératoires varient suivant qu'on a affaire à des corps acides ou basiques dont les sels sont solubles ou peu solubles dans l'eau.

Cette transformation s'effectue comme la préparation du corps diazoïque à une basse température, pour éviter toute décomposition du corps diazoïque avant que la transformation soit complète. Le corps azoïque une fois formé résiste à toute action ultérieure.

Lorsqu'un dérivé diazoïque s'unit à une amine aromatique, l'azote du groupe azoïque (Az=Az) se met généralement en para par rapport à l'amide; il suit de là que les dérivés diazoïques ne peuvent pas réagir sur les amines parasubstituées. — V. AROMATIQUE, § *Série*.

Ce fait n'est pas vrai d'une manière absolue. Qu'il nous suffise de citer les recherches toutes récentes de Nœlting et Witt qui ont réussi à préparer le dérivé amidoazoïque de la paratoluidine :

$$C^6H^4 < \begin{matrix} CH^3{}_{(1)} \\ Az_{(4)} = Az_{(4)} - C^6H^3 < \begin{matrix} CH^3{}_{(1)} \\ AzH^2{}_{(3)} \end{matrix} \end{matrix}$$

Ce corps, traité par les agents réducteurs (étain et acide chlorhydrique) se scinde en paratoluidine et en orthocrésylènediamine.

Hâtons-nous de dire que ces réactions sont exceptionnelles. Dans la plupart des cas, on remarque que l'azote diazoïque occupe la position para par rapport au groupe (OH) ou (AzH^2) contenu dans la molécule du dérivé aromatique sur lequel on fait agir le diazo.

Somme toute, la transformation des amines en corps azoïques est un phénomène de condensation, accompagné d'oxydation; ces mêmes phénomènes ont lieu dans la transformation des amines en colorants du groupe de la rosaniline, ou dérivés du triphénylméthane. Seulement, tandis que dans le dernier cas la condensation a lieu par l'intermédiaire du carbone dans la formation des corps azoïques. C'est l'azote qni unit les deux restes d'amine; c'est l'oxygène de l'acide nitreux AzO-OH qui joue le rôle d'oxydant et d'agent de condensation.

Dérivés amidoazoïques. AMIDOBENZINE (Syn. : *jaune d'aniline*). $C^6H^5 - Az = Az\,C^6H^4 - AzH^2$. Cette matière colorante n'est plus guère employée; elle se trouvait autrefois dans le commerce à l'etat d'oxalate. Son emploi a dû être abandonné principalement à cause de sa grande volatilité. Quoique l'amidoazobenzine ne soit pas employée telle quelle, elle forme pourtant l'objet d'une fabrication importante; elle sert à la préparation d'autres matières colorantes, l'induline, le jaune solide, etc.

Si on introduit dans le jaune d'aniline un groupe sulfureux, on obtient un corps à propriétés acides nettement caractérisées, dont les sels, n'étant pas volatils, sont susceptibles d'un emploi étendu dans la teinture et l'impression des tissus. Le jaune solide, breveté récemment par Græssler, est constitué précisément par le dérivé sulfoconjugué de l'amidoazobenzine. Nous décrirons donc en détails le mode de fabrication de cette belle matière colorante.

Elle a lieu en deux phases :

1° Préparation de l'amidoazobenzine;

2° Sulfoconjugaison.

PRÉPARATION DE L'AMIDOAZOBENZINE. Dans des chaudières en fonte émaillée on introduit :

Aniline légère, 100 parties en poids;

Acide chlorhydrique à 33 0/0, 65 parties en volume, et on ajoute peu à peu en refroidissant le mélange avec de la glace;

Nitrite de soude en dissolution aqueuse à 30 0/0, 120 parties en volume.

Ces quantités correspondent à 2 molécules d'aniline, 1 molécule d'acide chlorhydrique + 100/0 d'excès, et 1 molécule de nitrite de soude ; il faut avoir soin d'opérer de manière à ne pas produire un dégagement de vapeurs nitreuses ni d'azote, ce qui indiquerait un commencement de décomposition. Pour cela, il faut maintenir le mélange à des températures voisines de 0°. Il se passe alors les réactions suivantes :

Une molécule de nitrite réagit avec l'acide chlorhydrique, en donnant du chlorure de sodium et de l'acide nitreux libre ; celui-ci réagit sur une molécule d'aniline, en la transformant en dérivé diazoïque ; ce dernier, à son tour, réagit sur l'excès d'aniline, en formant la *diazoamidobenzine;* les équations suivantes représentent ces réactions :

(1) $AzO.ONa + HCl = NaCl + AzO-OH$
Nitrite de soude — Acide chlorhydrique — Chlorure de sodium — Acide nitreux

(2) $AzO.OH + C^6H^5-AzH^2 =$
Acide nitreux — Aniline
$C^6H^5-Az=Az-OH + H^2O$
Diazobenzine — Eau

(3) $C^6H^9-Az=Az-OH + C^6H^5-AzH^2 = H^2O +$
Diazobenzine — Aniline — Eau
$C^6H^5-Az=Az-AzH-C^6H^5$
Diazoamidobenzine

On laisse reposer la masse pendant quelques heures, en agitant de temps en temps pour achever la réaction. On chauffe ensuite graduellement à 40-50° ; à cette température et en présence d'un léger excès de sel d'aniline, il a lieu une transposition moléculaire ; la *diazomidobenzine* se transforme en *amidoazobenzine* :

$C^6H^5-Az=Az-AzH-C^6H^5 =$
Diazoamidobenzine
$C^6H^5-Az=Az-C^6H^4-AzH^2$
Amidoazobenzine

On arrête l'opération lorsqu'une tâte, prélevée sur la masse, additionnée d'eau bouillante et d'acide chlorhydrique, ne dégage plus d'azote, ce qui indique l'absence de tout dérivé diazoïque.

On enlève le chlorure de sodium et l'excès de sel d'aniline par des lavages à l'eau qui ne dissolvent pas le dérivé azoïque.

Sulfoconjugaison de l'amidoazobenzine. On introduit 1 partie d'amidoazobenzine dans 3 parties d'acide sulfurique fumant à 45 0/0 d'anhydride chauffé à 80-100°. On chauffe jusqu'à ce qu'une tâte se dissolve complètement dans la soude caustique ; on précipite par l'eau, on lave l'acide et on le transforme en sel de sodium, en le dissolvant dans la soude caustique et en évaporant la dissolution à siccité.

Le jaune solide porte le nom de jaune acide, jaune de Græssler, jaune d'amido. C'est une belle matière colorante jaune, qui teint sur acide.

Rouge Amélie. Cette matière colorante a été le premier produit azoïque dérivant d'une amine sulfoconjuguée qui ait été préparé industriellement. On l'obtenait en faisant agir l'acide nitreux sur l'acide amido-naphtylsulfureux ; le corps diazoïque ainsi formé, en réagissant sur une molécule de amido-naphtylsulfite de soude, donnait naissance à la matière colorante. Ce produit n'étant plus employé aujourd'hui, nous passerons sous silence les détails de sa préparation.

Orangé 3 (Syn. : *trapéoline* O). Ce corps résulte de l'action du dérivé diazoïque de l'acide sulfanilique sur la diméthylaniline. Il a donc pour formule :

$$C^6H^4\begin{cases}SO^3H\\ Az=Az-C^6H^4-Az(CH^3)^2\end{cases}$$

C'est un jaune légèrement rougeâtre, virant au rouge par les acides : son instabilité l'a fait abandonner.

Orangé 4 (*tropéoline* OO). Ce produit est un des plus beaux orangés qu'on connaisse ; il est préparé dans un état de pureté parfaite par la maison A. Poirrier, de Paris, qui a la première préparé industriellement cette matière colorante.

On l'obtient en faisant agir le dérivé diazoïque de l'acide sulfanilique sur la diphénylamine. Sa constitution est représentée par la formule :

$$C^6H^4\begin{cases}SO^3H\\ Az=Az-C^6H^4-AzH-C^6H^5\end{cases}$$

qui est celle d'une phénylamidoazobenzine sulfoconjuguée.

Le produit commercial est constitué par le sel d'ammonium.

Nous décrirons successivement toutes les phases de préparation de cette matière colorante.

Préparation de l'acide sulfanilique. On chauffe l'aniline avec de l'acide sulfurique fumant contenant 30 0/0 d'anhydride. On arrête l'opération lorsque la totalité de l'aniline a disparu, ce que l'on reconnaît en ajoutant de la soude caustique à une tâte prélevée sur la cuite ; l'aniline, si elle existe encore dans le mélange, est mise en liberté et vient surnager sous forme d'une huile.

Lorsque l'attaque est terminée, on verse le tout dans un grande quantité d'eau et on sépare l'acide sulfanilique en passant par le sel de chaux. — V. plus loin Naphtol.

Préparation de l'orangé 4. On dissout l'acide sulfanilique dans la soude caustique et on ajoute la quantité voulue de nitrite de soude, puis peu à peu en refroidissant avec de la glace de l'acide chlorhydrique ; le corps diazoïque ainsi formé est ajouté à de la diphénylamine finement divisée dans l'eau.

Rappelons ici que la diphénylamine $(C^6H^5)^2AzH$, est un corps insoluble dans l'eau et qui jouit de faibles propriétés basiques. Lorsqu'on prépare, par exemple, le sulfate de diphénylamine en dissolvant cette base dans l'acide sulfurique concentré, on ne peut diluer la dissolution avec de l'eau sans qu'il y ait décomposition ; la diphénylamine se précipite. En un mot, la diphénylamine ne se dissout pas dans les acides étendus, voilà pourquoi il faut l'employer à l'état de grande division. On agite pendant quelques heures pour achever la réaction qui exige un certain temps en raison de l'insolubilité de la diphénylamine. L'opération étant terminée, on filtre l'acide ainsi obtenu, qui est une pâte rouge-violet et est insoluble dans l'eau ; on lave le précipité et on le redissout dans

l'ammoniaque. Il se forme alors le sel ammoniacal :

$$C^6H^4 < \begin{matrix} SO^3(AzH^4) \\ Az=Az-C^6H^4-AzH-C^6H^5 \end{matrix}$$

qui retient toujours une certaine quantité de diphénylamine. On purifie le produit en le traitant par l'alcool ou la benzine ; on enlève ainsi l'excès de diphénylamine qui a échappé à la réaction.

On trouve dans le commerce des matières colorantes, connues sous le nom de *jaune indien* et de *citronine*.

On les obtient en nitrant les orangés. Ces produits ont une teinte beaucoup plus jaune que les orangés dont ils dérivent.

Substitut d'orseille. Cette matière colorante s'obtient en faisant réagir le dérivé diazoïque de la nitraniline sur l'acide naphtionique (acide α-amidonaphtyl sulfureux). On prépare la nitraniline par nitration du sulfate d'aniline ; on dissout le sulfate dans 5-6 fois son poids d'acide sulfurique et on ajoute peu à peu l'acide nitrique, en ayant soin de ne pas dépasser 20°. Pour 1 molécule d'aniline on emploie 1 molécule d'acide nitrique. La dissolution sulfurique est versée dans 50 fois son poids d'eau refroidie et transformée en dérivé diazoïque par addition de la quantité théorique de nitrite de soude ; la liqueur diazoïque est versée dans une dissolution alcaline de naphtionate de soude ; la matière colorante se forme aussitôt ; on filtre, on redissout dans l'eau et on précipite par le sel.

Dans la préparation de la nitraniline on obtient un mélange de plusieurs nitranilines isomériques ; d'après le procédé indiqué plus haut, le mélange est riche en paranitraniline ; c'est surtout cet isomère qu'on cherche à produire, car c'est celui qui donne les nuances les plus bleues.

L'ortho et la métanitraniline ne donnent que des nuances jaunes-rouges.

Nous passons maintenant à l'étude des matières colorantes diamidoazoïques, connues sous le nom de *chrysoïdines*.

Le représentant le plus simple de cette classe de corps, la chrysoïdine proprement dite a pour formule :

$$C^6H^5-Az=Az-C^6H^3 < \begin{matrix} AzH^2 \\ AzH^2 \end{matrix}$$

On l'obtient en faisant agir le chlorure de diazobenzine sur une solution aqueuse de méta-phénylène-diamine.

Cette réaction est susceptible d'être généralisée ; toutes les fois qu'un dérivé diazoïque réagit sur une méta-diamine il y a formation d'une chrysoïdine.

Nous décrirons la préparation de la chrysoïdine proprement dite.

Préparation de la métaphénylène-diamine. Pour préparer la métaphénylène-diamine, on soumet la dinitrobenzine à l'action des agents réducteurs.

La dinitrobenzine elle-même s'obtient en faisant agir un mélange d'acides sulfurique et nitrique sur la nitrobenzine. La préparation de la nitrobenzine a été décrite à l'article Benzine, t. I p. 631. Si, après avoir décanté les acides faibles, on fait couler dans la nitrobenzine produite une nouvelle quantité du mélange d'acides sulfurique et nitrique, les liquides se mêlent complètement et la température s'élève assez pour que la réaction s'achève d'elle-même. On soutire la dinitrobenzine formée pendant qu'elle est encore tiède et liquide, puis on la lave, d'abord à l'eau chaude, puis à l'eau froide. Ainsi préparée elle est solide et fond à 86°.

Pour 100 kilogrammes de benzine on emploie : acide nitrique à 40° Baumé, 100 kilogrammes acide sulfurique 66° Baumé 156 kilogrammes.

La transformation en binitrobenzine s'effectue avec une quantité égale de mélange acide.

Réduction de la dinitrobenzine. Cette réduction peut s'effectuer par l'étain et l'acide chlorhydrique ; on peut également remplacer l'étain par le zinc ou réduire par le fer et l'acide acétique. Lorsque tout est entré en dissolution la réduction est complète.

Le chlorhydrate de phénylène-diamine est précipité de sa solution aqueuse par un excès d'acide chlorhydrique. En le décomposant par un alcali, on en sépare la phénylène-diamine. La réduction s'effectue sous l'influence de l'hydrogène naissant, d'après l'équation :

$$C^6H^4 < \begin{matrix} AzO^2 \\ AzO^2 \end{matrix} + 6H^2 = 4H^2O + C^6H^4 < \begin{matrix} AzH^2 \\ AzH^2 \end{matrix}$$

Propriétés de la phénylène-Diamine, La phénylène-diamine préparée au moyen de la dinitrobenzine appartient à la série méta.

Elle forme une masse cristalline, blanche, qui brunit légèrement à l'air. Elle fond à 63° et bout à 280°. La méta-phénylènediamine est soluble dans l'eau. Elle forme des sels bien caractérisés.

Préparation de la chrysoïdine. On dissout 1 molécule d'aniline dans un excès d'acide chlorhydrique dilué et on ajoute la quantité théorique de nitrite de soude ; il se forme alors du chlorure de diazobenzine. D'autre part, on prépare une dissolution à 10 0/0 de phénylènediamine. On ajoute la dissolution diazoïque diluée au 1/100 à la dissolution de phénylène-diamine, de manière à employer 1 molécule de diamine pour 1 molécule d'aniline. Il se forme immédiatement un précipité de chlorhydrate de diamidoazobenzine (chrysoïdine) d'après l'équation :

$$C^6H^5-Az=Az-Cl + C^6H^4 < \begin{matrix} AzH^2 \\ AzH^2 \end{matrix}$$

Chlorure de diazobenzine — Phénylène-diamine

$$C^6H^5-Az=Az-C^6H^4 < \begin{matrix} AzH^2 \\ AzH^2.HCl \end{matrix}$$

Chrysoïdine

On purifie le produit en le redissolvant dans l'eau chaude et le précipitant par le sel. On obtient facilement le chlorhydrate en beaux cristaux, en dissolvant le produit dans l'eau bouillante et en abandonnant la dissolution au refroidissement.

La chrysoïdine commerciale est le monochlorhydrate de la diamidoazobenzine asymétrique. Elle se présente sous forme de cristaux noirâtres à l'éclat métallique moins prononcé que celui de la plupart des couleurs d'aniline. La poudre est rouge. C'est une matière colorante jaune-orange d'une très grande intensité. Les sels diacides sont

rouges et peu stables. Elle forme également des combinaisons alcooliques, qui n'ont pas reçu d'applications jusqu'à ce jour. Traitée par les amines, elle fournit des corps violets ou bleus appartenant à la classe des indulines. La chrysoïdine est employée principalement pour la teinture du coton auquel elle communique une belle teinte orangée.

Bruns de phénylène. Les matières colorantes triamidoazoïques sont représentées par le brun de phénylène ou brun Bismarck.

Le mode de formation du brun est analogue à celui de l'amidoazobenzine, il se forme par l'action de l'acide nitreux sur la métaphénylène-diamine; la réaction se passe en deux phases, dans la première, une partie de la phénylène-diamine est transformée en dérivé diazoïque, qui en réagissant sur une deuxième portion de base, donne un dérivé amidoazoïque. La théorie permet de prévoir l'existence d'un grand nombre de bruns. En effet, la phénylène-diamine contient deux groupes *amide* AzH^2, pouvant se transformer en groupes diazoïques ($Az=Az-OH$); il se peut très bien que suivant les conditions de l'expérience, les deux groupes AzH^2 ou un seul des deux entre en réaction et se combine plus tard à 1 ou 2 restes de phénylène-diamine; le corps ainsi formé contient des groupes amides, qui à leur tour peuvent se souder à d'autres restes de diamine en passant par le dérivé diazoïque, et ainsi de suite.....

L'expérience confirme pleinement ces vues théoriques. Suivant le mode d'action on arrive à des produits de nuances différentes, allant du marron au brun presque noir; ces corps ne sont eux-mêmes probablement que des mélanges.

Il est évident que la phénylène-diamine peut être remplacée par d'autres diamines homologues pourvu que les deux groupes *amide* soient dans la position méta; comme pour les chrysoïdines, les méta diamines seules donnent lieu à la formation de matières colorantes brunes.

Il nous est impossible de nous étendre longuement sur les détails de la fabrication des différents bruns de phénylène, les procédés varient d'ailleurs d'une usine à l'autre. Comme exemple nous indiquerons la préparation d'un brun de phénylène, telle qu'elle est décrite dans le rapport de M. Wurtz.

A une solution neutre d'azotite de soude on ajoute peu à peu une solution froide, étendue et neutre de méta-phénylène-diamine en évitant toute élévation de température. Il se précipite une bouillie cristalline rouge-foncé, qu'on lave à l'eau, puis à l'acide chlorhydrique concentré. Elle se dissout d'abord dans cet acide, pour se séparer ensuite à l'état d'un coagulum-goudronneux qui est en combinaison de la matière colorante brune avec l'acide chlorhydrique. On reprend ce chlorhydrate par l'eau, dans laquelle il se dissout, et l'on précipite la solution par l'ammoniaque. Ce précipité est un mélange de trois corps différents, dont l'un constitue le brun de phénylène-diamine. Ce dernier est de beaucoup le plus abondant dans le mélange, dont on l'extrait en l'épuisant par l'eau bouillante. Celle-ci dissout le brun, tandis que les deux autres corps y sont presque insolubles. Ce sont des bases qu'on peut séparer en mettant à profit leur solubilité différente dans l'alcool. Les bruns de phénylène-diamine sont de belles matières colorantes stables de nuances allant du marron au brun presque noir. Elles teignent directement le coton, la laine et la soie, sans mordant. Leur prix peu élevé les rend susceptibles d'applications très étendues.

Azophénols. Lorsqu'on fait réagir un dérivé diazoïque sur un phénol, il se forme un corps qui renferme le reste de l'amine uni au reste phénolique par l'intermédiaire du groupe $(Az=Az)''$. C'est un azophénol. Le représentant le plus simple de cette classe de corps est la substance qu'on obtient en faisant réagir le chlorure de diazobenzine sur le phénol ordinaire; il a pour formule

$$C^6H^5-Az=Az-C^6H^4-OH$$

Ce corps a été découvert par Griess, en 1866 C'est une matière colorante jaune, qui n'est pas employée.

Tropéoline Y. On obtient cette matière colorante en faisant réagir le dérivé diazoïque de l'acide sulfanilique sur le phénol. Voici comment on opère. On dissout la quantité théorique (1 molécule) d'acide sulfanilique dans la soude diluée de manière à former le sel de sodium; on ajoute ensuite la quantité calculée (également 1 molécule) de nitrite de sodium) et on additionne le liquide refroidi à 0°, d'acide chlorhydrique; le nitrite est décomposé par l'acide chlorhydrique; l'acide nitreux mis en liberté réagit sur l'acide sulfanilique en le transformant en dérivé diazoïque; on verse alors cette dissolution dans une dissolution alcaline de phénol, en ayant soin de conserver toujours une réaction faiblement alcaline. La matière colorante se forme immédiatement. On laisse en repos pendant quelques heures, et lorsque la réaction est achevée on acidifie par l'acide chlorhydrique; l'acide libre se précipite; on filtre et on le transforme en sel de sodium acide, en le traitant par la quantité théorique de soude. Le produit commercial a pour formule :

$$C^6H^4\begin{cases}SO^3Na\\Az=Az-C^6H^4-OH\end{cases}$$

Jaune de Philadelphie. Ce produit qui est une des premières matières colorantes azoïques connues se prépare comme la tropéoline Y, en remplaçant l'acide sulfanilique par l'acide amidonaphtylsulfureux. D'après son mode de formation, la formule de cette substance est

$$C^{10}H^6\begin{cases}SO^3H\\Az=Az-C^6H^4-OH\end{cases}$$

Ce produit n'est plus guère employé aujourd'hui.

Chrysoïne. Ce corps dérive de l'action du dérivé diazoïque de l'acide sulfanilique sur la résorcine. Il est identique à la tropéoline O de William, Thomas et Dower.

La préparation de ce produit peut être déduite de celle des corps précédents. La formule du produit commercial est

$$C^6H^4\begin{cases}SO^3H\\Az=Az-C^6H^3\begin{cases}OH\\OH\end{cases}\end{cases}$$

C'est de la phénylazorésorcine sulfoconjuguée.

Nous avons décrit dans les lignes précédentes les azophénols dérivant des oxybenzines. Les azophénols à base de naphtols (le phénol de la série de la naphtaline) sont beaucoup plus importants. Ceci nous engage à entrer dans quelques détails sur leur fabrication industrielle.

PRÉPARATION DES NAPHTOLS ET DE LEURS DÉRIVÉS SULFOCONJUGUÉS, Le naphtol est le phénol de la série de la naphtaline. Cet hydrocarbure étant $C^{10}H^8$, le naphtol est $C^{10}H^7—OH$; il est donc à la naphtaline, ce que phénol $C^6H^5—OH$, est à la benzine C^6H^6.

L'industrie du phénol est aussi ancienne que celle des couleurs d'aniline; le phénol se trouve en grande quantité tout formé dans les huiles provenant de la distillation du goudron de houille. Il n'en est pas de même du naphtol; l'huile de goudron de houille ne contient que l'hydrocarbure fondamental, la naphtaline, qu'on transforme en naphtol en passant par le dérivé sulfoconjugué.

L'industrie du naphtol date surtout de l'apparition des couleurs azoïques; toutefois, l'α naphtol a été fabriqué quelque temps avant l'apparition des orangés; la préparation du dinitronaphtol en consommait une certaine quantité.

Lorsqu'on substitue un atome d'hydrogène de la naphtaline par d'autres corps, on obtient deux séries de corps isomères, qu'on indique sous le nom de *dérivés* α et *dérivés* β. C'est ainsi que l'on connaît deux naphtalines monochlorées, deux amidonaphtalines (naphtylamines), etc. Le naphtol étant de la naphtaline où un atome d'hydrogène est remplacé par le groupe OH, il peut exister sous deux modifications isomériques : l'α= et le β— naphtol. Ces deux isomères sont préparés industriellement.

Pour préparer le naphtol, on commence par transformer la naphtaline en dérivé sulfoconjugué; celui-ci, fondu avec la soude ou la potasse caustique, donne du naphtol à côté de sulfate de soude.

Transformation de la naphtaline en dérivés sulfoconjugués. Nous avons dit qu'il existe deux naphtols; à ces naphtols correspondent deux acides naphtylsulfureux.

Il existe heureusement un moyen fort simple qui permet de préparer à volonté l'une ou l'autre de ces modifications isomériques, Si on chauffe de la naphtaline avec 4-5 parties d'acide sulfurique concentré à une température qui ne dépasse pas 80°, il se forme surtout de l'acide α— naphtyl sulfureux; si au contraire l'attaque a lieu à une température voisine de 150-160° on n'obtient que la modification β. Voici comment s'effectue la préparation industrielle des acides naphtyl sulfureux.

Dans des cornues en fonte munies d'agitateurs, on chauffe 1 partie de naphtaline avec 4-5 parties d'acide sulfurique à 66° Baumé, à des températures variables suivant qu'on tient à produire le dérivé α ou β.

Lorsque la transformation est achevée, en verse la masse liquide refroidie dans l'eau; la naphtaline inattaquée (surtout lorsqu'on prépare le dérivé α) se sépare et surnage; on la décante et on la met de côté pour une nouvelle attaque.

Le liquide acide est alors saturé par un lait de chaux; on obtient un mélange de sulfate de calcium insoluble et du sel de calcium du dérivé sulfoconjugué, qui est soluble dans l'eau. On ajoute au liquide une dissolution de carbonate de soude qui décompose le naphtylsulfite de calcium; il se forme du carbonate de chaux insoluble et du naphtylsulfite de sodium; on filtre le tout, on épuise les plâtres et le carbonate de calcium par l'eau bouillante et l'on évapore à siccité la dissolution aqueuse; on obtient ainsi du *naphtylsulfite de soude*.

Fusion. On chauffe au bain d'air ou au bain de plomb dans des marmites en fonte, 3 à 4 parties de soude caustique ordinaire et on y ajoute peu à peu une partie de naphtylsulfite de soude desséché. On remue la masse au moyen de spatules en fer. Peu à peu le naphtylsulfite se transforme en naphtol-sodium, qui vient nager à la surface de la masse fondue sous forme d'une huile brune que l'on enlève au moyen de cuillers en fer. On dissout cette masse dans l'eau et on traite la dissolution par l'acide chlorhydrique en excès. Le naphtol-sodium est décomposé par l'acide chlorhydrique; il se précipite du naphtol sous forme de paillettes argentines, grasses; on jette le tout sur des filtres en feutre et après filtration (opération très longue et très ennuyeuse) on exprime le produit. Finalement le naphtol est purifié par distillation. Cette opération exige certaines précautions. Il faut refroidir rapidement les vapeurs et pousser vivement le feu, car la naphtol présente la singulière propriété de s'éthérifier par une ébullition prolongée en donnant le corps $C^{10}H^7—O—C^{10}H^7$ (éther naphtylique) qui dérive de deux molécules de naphtol par élimination d'eau.

Les équations suivantes indiquent les réactions sur lesquelles se base la fabrication du naphtol :

(1) $C^{10}H^8 + H^2SO^4 = H^2O + C^{10}H^7SO^3H$
Naphtaline — Acide sulfurique — Eau — Acide naphtylsulfureux

(2) $C^{10}H^7SO^3Na + 2NaOH =$
Naphtylsulfite de soude
$C^{10}H^7ONa + Na^2SO^3 + H^2O$
Naphtol-sodium — Sulfite de soude

(3) $C^{10}H^7—ONa + HCl = NaCl + C^{10}H^7OH$
Naphtol-sodium — Chlorure de sodium — Naphtol

PRÉPARATION DES NAPHTOLS SULFOCONJUGUÉS. Le naphtol β est, des deux isomères, celui qui est le plus employé. Ses dérivés sulfoconjugués ont acquis une grande importance depuis la découverte des ponceaux de xylidine. Nous en décrirons la préparation en peu de mots.

Dans des marmites en fonte émaillée on chauffe 10 kilog. de β naphtol avec 30 kilog. d'acide sulfurique à 66° pendant 10-12 heures à 100-110°; il se forme un mélange de deux acides oxynaphtylènedisulfureux isomères; la réaction est représentée par l'équation suivante :

$\beta.C^{10}H^7OH + 2H^2SO^4 = \beta.C^{10}H^5(OH)(SO^3H)^2 + 2H^2O$
β.-Naphtol — Acide sulfurique — Acide oxynaphtylène-disulfureux — Eau

On sépare les acides formés de l'excès d'acide

sulfurique de la manière suivante. On ajoute de l'eau à la masse et on neutralise par un lait de chaux ; on obtient ainsi un sel de calcium soluble, que l'on sépare par filtration du sulfate de chaux. Le sel calcique est transformé en sel de soude par l'action du carbonate de soude, comme il a été dit pour le naphtol.

Cette méthode est généralement employée toutes les fois qu'il s'agit d'isoler un corps sulfoconjugué de l'excès d'acide sulfurique employé pour sa fabrication.

L'oxynaphtylène-disulfite de soude ainsi obtenu est un mélange de deux corps isomères que l'on peut séparer en les traitant par 3 à 4 parties d'alcool à 80-90 0/0. Le sel peu soluble (sel R) donne avec la diazoxylène des ponceaux à nuance rouge, le sel soluble obtenu par évaporation de la dissolution alcoolique est employé sous le nom de sel J, pour obtenir des ponceaux à marque jaune. — V. plus loin PONCEAUX DE XYLIDINE.

Il va sans dire que dans toutes ces opérations l'alcool employé est recupéré par distillation.

Tout récemment Rumpf a breveté la préparation d'un nouveau naphtol monosulfoné différent du naphtol monosulfoné de Schaefer. On obtient ce produit en faisant agir un grand excès d'acide sulfurique 66° Baumé sur le naphtol β, en ayant soin d'opérer par une température aussi basse que possible et de ne pas prolonger l'action de l'acide.

Orangés I et II. (Syn. Tropéoline 000 n° 1 et 000 n°2). On obtient ces matières colorantes en faisant réagir le dérivé diazoïque de l'acide sulfanilique sur les naphtols. Le dérivé de l'α— naphtol est connu sur le nom d'*orangé* I, celui dérivant du β— naphtol est l'*orangé* 2.

Il existe deux méthodes de préparation de ces corps.

(*A*) On dissout une molécule d'acide sulfanilique dans de la soude caustique et on mélange cette dissolution à une dissolution de 1 molécule de naphtol dans la soude caustique. La liqueur est additionnée de la quantité théorique de nitrite de soude (1 molécule).

La solution aqueuse diluée est additionnée peu à peu d'acide chlorhydrique dilué; la formation de matière colorante a lieu aussitôt. On obtient ainsi l'acide libre de l'orangé; on le transforme en sel de soude qui constitue le produit commercial.

(*B*) On dissout l'acide sulfanilique dans de la soude caustique et on le transforme en dérivé diazoïque par l'action du nitrite et de l'acide chlorhydrique comme il a été dit pour l'orangé 4. Cette opération s'exécute dans des grandes cuves en bois situées à la partie supérieure de l'atelier. Au dessous se trouve encore un rang de cuves où on verse la dissolution denaphtol dans la soude caustique que l'on additionne d'un excés d'ammoniaque. Lorsque la totalité de l'acide sulfanilique a été transformée en dérivé diazoïque, on verse rapidement le contenu des cuves supérieures dans les cuves du bas où se produit la matière colorante. On laisse la réaction s'achever et on précipite par le sel la matière colorante formée ; on filtre et on dessèche à une douce chaleur le produit exprimé.

C'est ce procédé qui est employé industriellement sur une grande échelle, pour la fabrication de l'orangé 2.

La préparation de l'orangé 1 s'effectue d'une manière analogue en partant de l'α— naphtol.

L'orangé 2 est une magnifique matière colorante, qui est très employée dans la teinture de la laine et de la soie. Elle teint sur bain acide. La matière colorante sèche, forme une poudre cristalline rouge-orange, soluble dans l'eau.

Mentionnons encore une application de quelques orangés à l'alcalimétrie.

Les orangés III et IV en solution aqueuse virent du jaune au rouge, par l'addition d'acides ; ces corps ont sur le tournesol l'avantage de ne pas être sensibles à l'action de l'acide carbonique et des bicarbonates. Ces propriétés permettent de remplacer dans l'analyse volumétrique les solutions normales des alcalis caustiques par leurs carbonates, ainsi que de titrer les carbonates alcalins à froid. De même, les sels neutres des métaux lourds ne produisent aucun changement de couleurs, ce qui permet de déceler la présence d'acides libres en présence de ces sels.

Les orangés de naphtol se comportent d'une manière tout à fait opposée ; ils virent au rouge carmin par l'addition de potasse. Ce sont des réactifs très sensibles pour les bases.

Roccelline. (Rouge solide). Cette belle matière colorante a été découverte par M. Roussin et exploitée immédiatement par la maison A. Poirrier, de Paris. Elle se produit en faisant agir le dérivé diazoïque de l'acide amidonaphtylsulfureux sur le β-naphtol.

La préparation est analogue à celle de l'orangé 2.

Nous décrirons d'abord la préparation des matières premières servant à la fabrication de la roccelline. Nous avons déjà parlé du β-naphtol.

L'acide *amidonaphtylsulfureux* s'obtient au moyen des réactions suivantes :

On transforme la naphtaline en *α-nitronaphtaline;* par réduction, cette dernière se transforme en *α-naphtylamine*, qui traitée par l'acide sulfurique fumant, donne l'acide *amidonaphtylsulfureux*.

PRÉPARATION DE LA NITRONAPHTALINE. On introduit dans une marmite en fonte émaillée munie d'un agitateur 1 partie d'acide nitrique à 40° Baumé mélangé de 2-3 parties d'acide sulfurique 66° ; on ajoute peu à peu en agitant constamment 1 partie de naphtaline pulvérisée ; au bout de quelques heures, la réaction est terminée. On décante la liqueur acide et on purifie la nitronaphtaline obtenue par des lavages à l'eau. Après lavage, on comprime fortement à la presse. On obtient ainsi un produit solide, cristallin, d'un jaune citron.

Réduction de la nitronaphtaline. Dans des chaudières en fonte émaillée, on introduit 2 parties de nitronaphtaline et 1 partie d'acide acétique à 40 0/0 ; on chauffe légèrement, de manière à faire fondre la nitronaphtaline et on ajoute peu à peu en agitant continuellement 2 parties de limaille de fer. Aussitôt il s'établit une vive réaction, accompagnée d'une forte élévation de température ; au

bout de peu de temps la totalité de la nitronaphtaline est transformée en naphtylamine.

Lorsque la réaction est terminée, on ajoute un excès de chaux vive et on distille rapidement la masse. Ici également il est de la plus haute importance d'effectuer la distillation rapidement, si on veut éviter de trop grandes pertes de naphtylamine.

La naphtylamine passe au dessus de 300° et se rassemble dans le récipient en même temps qu'une petite quantité d'eau et d'acide acétique. Comme elle se solidifie au-dessus de 50°, il faut avoir soin de maintenir à cette température l'eau des bâches que traversent les serpentins. Pour purifier le produit, on le lave, on le presse et on le distille de nouveau.

Fraîchement préparée, la naphtylamine est presque incolore ; elle noircit rapidement à l'air ; son odeur est très désagréable et très tenace. La naphtylamine ainsi obtenue est la modification α= elle correspond à l'α-naphtol.

La naphtylamine correspondant au β-naphtol ne peut s'obtenir que par une voie détournée.

Le procédé actuel de fabrication, breveté par la fabrique badoise d'aniline et de soude se fonde sur les résultats obtenus par Merz et Weith en faisant agir l'ammoniaque sur les phénols. Le β-naphtol, chauffé avec de l'ammoniaque, échange son oxhydryle contre l'amide :

$$\beta.\,C^{10}H^{7}-OH + AzH^{2} = H^{2}O + \beta.\,C^{10}H^{7}-AzH^{2}$$

β. Naphtol — Ammoniaque — Eau — β. Naphtylamine

Voici comment on opère en grand : on chauffe dans des autoclaves :

10 k. β. naphtol ;
4 k. soude caustique ;
4 k. chlorure d'ammonium.

On maintient pendant 70 heures la température à 150-160°. Au bout de ce temps, la moitié à peu près du naphtol est transformé en amine. On traite le tout par l'eau, qui enlève le chlorure de sodium, la soude, et le chlorure d'ammonium en excès ; le résidu est constitué par un mélange de naphtol inattaqué, de β-naphtylamine, et de β-dinaphtylamine formée d'après l'équation

$$\beta.\,C^{10}H^{7}AzH^{2} + \beta.\,C^{10}H^{7}AzH = H^{2}O +$$

β. Naphtylamine — β. Naphtol — Eau

$$\beta.\,\begin{matrix}C^{10}H^{7}\\C^{10}H^{7}\end{matrix}\!>AzH$$

β. Dinaphtylamine

On traite ce résidu par la soude caustique qui dissout le naphtol ; on filtre et on extrait l'amine primaire par l'acide chlorhydrique dilué ; la β-dinaphtylamine reste insoluble.

La β-naphtylamine n'a pas une grande importance industrielle. Les matières colorantes azoïques qui en dérivent n'ont rien de particulièrement beau et reviennent fort cher (le β-naphtylamine vaut 10 à 12 francs le kilogramme contre 2 fr. 50 pour l'α-naphtylamine). Son dérivé sulfoconjugué diazoté et associé au naphtol donne un rouge orangé ; avec le naphtol bisulfoné on obtient un ponceau ; dans les mêmes circonstances la α-naphtylamine donne des produits beaucoup plus bleus (Roccelline et Bordeaux).

Dans la réduction de la nitronaphtaline d'après le procédé Béchamp; on ne peut pas remplacer l'acide acétique par l'acide chlorhydrique, comme cela se fait dans la préparation de l'aniline, car le chlorure de fer formé dans la réaction altère la naphtylamine, en la transformant en produits insolubles violets.

Sulfoconjugaison de l'α-naphtylamine. Dans des chaudières en fonte émaillée on chauffe pendant quelques heures à 70-80° 1 partie de naphtylamine avec 3 parties d'acide sulfurique fumant à 80 0/0 d'anhydride. Après refroidissement, on ajoute 20 parties d'eau et on filtre à froid ; l'acide amidonaphtylsulfureux formé reste sur le filtre ; les liqueurs acides mères contiennent un isomère plus soluble, qu'on peut isoler en passant par le sel de calcium. L'acide peu soluble porte le nom *d'acide naphtionique* ; il est identique au produit obtenu par Piria en faisant agir le sulfite d'ammonium sur la nitronaphtaline.

On peut également préparer l'acide naphtionique par le procédé suivant :

On chauffe au bain-marie 1 partie de α-nitronaphtaline avec 3 parties d'acide sulfurique fumant à 25 0/0 d'anhydride ; lorsque une tâte prélevée sur la masse se dissout dans la soude caustique, l'opération est terminée ; il s'est formé de l'acide β-nitronaphtylsulfureux. On ajoute 20 parties d'eau et on réduit la dissolution aqueuse acide par le fer. On traite le tout par la chaux et on filtre. On a alors dans la liqueur filtrée le sel de calcium de l'acide α-amidonaphtylsulfureux ou plutôt un mélange de plusieurs isomères ; on concentre la dissolution et on acidifie par l'acide chlorhydrique ; l'acide naphtionique se sépare, tandis que ses isomères plus solubles restent en dissolution.

Préparation de la roccelline. On transforme l'acide naphtionique en dérivé diazoïque comme il a été dit pour l'acide sulfanilique, et on ajoute par petites portions la dissolution diazoïque à du naphtol β dissous dans la potasse, en ayant soin de maintenir la dissolution faiblement alcaline jusqu'à la fin de l'opération. La matière colorante se précipite. Lorsqu'on opère avec l'acide amidonaphtylsulfureux des eaux mères, la matière colorante qui se forme est plus soluble ; on la précipite par addition de chlorure de sodium.

Le *rouge français* est un mélange d'orangé 2 et de roccelline.

Ponceaux de xylidine. Ces matières colorantes sont les plus importantes du groupe azoïque ; elles ont presque complètement remplacé la cochenille dans la teinture sur laine. Les nuances réalisées avec ce produit résistent parfaitement à l'action du savon et de la lumière.

On obtient le ponceau de xylidine en faisant agir le diazoxylène sur les dérivés sulfoconjugués de β-naphtol. Suivant qu'on emploie la marque R ou J on obtient des ponceaux à nuance plus ou moins rouge. Comme exemple nous donnerons la préparation du *ponceau* R.

On dissout 6,5 kilogrammes de xylidine dans 12 kilogrammes d'acide chlorhydrique à 20° Baumé, dilué avec 100 litres d'eau. On refroidit avec de la

glacé et on ajoute 4 à 5 kilogrammes de nitrite de soude calculé à 100 0/0. Le chlorure de diazoxylène ainsi formé est versé dans une dissolution de 20 kilogrammes de sel R du naphtol disulfoné dans 200 litres d'eau, additionnée de 10 kilogrammes d'ammoniaque à 10 0/0. La matière colorante se sépare à l'état de pâte rougeâtre ; on la purifie en la dissolvant dans l'eau et en la précipitant par le sel.

Ponceau RR. Ce corps se prépare comme le précédent en remplaçant la xylidine par l'amidoéthylxylène. L'amidoéthylxylène se prépare en chauffant à une température élevée (300°) un mélange de xylidine, d'alcool éthylique et d'acide chlorhydrique. Il se forme d'abord de l'éthylxylidine

$$C^6H^3(CH^3)(CH^3)(AzHC^2H^5)$$

qui sous l'influence de la chaleur subit une transposition moléculaire, en se transformant en une base primaire, l'amidoéthylxylène

$$C^6H^2(CH^3)(CH^3)(C^2H^5)(AzH^2)$$

Ces phénomènes de transposition ont surtout été étudiés par Hofmann. Ils sont susceptibles d'être généralisés. Il est probable que beaucoup d'amines supérieures employées dans la fabrication des nouvelles matières colorantes sont préparées d'une manière analogue. C'est ainsi par exemple qu'on obtient une cumidine en chauffant à 250° de la xylidine avec de l'alcool méthylique et de l'acide chlorhydrique,

Bordeaux R. On l'obtient en faisant agir la diazonaphtaline sur le β-naphtol bisulfoné. Sa formule est donc

$$C^{10}H^7-Az=Az-C^{10}H^7(OH)(SO^3H)^2.$$

En remplaçant le sel R du naphtol bisulfoné par le sel J on obtient une marque plus jaune, le *bordeaux* J.

De même, le *ponceau* J s'obtient en remplaçant, dans la préparation du ponceau R, le sel R par le sel J (V. plus haut).

Ponceau d'anisidine. Lorsque dans la préparation du ponceau R on remplace la xylidine par l'anisidine, on obtient un ponceau très violacé, d'un grand éclat. La préparation s'effectue comme celle du ponceau R. Nous dirons quelques mots sur la fabrication de l'anisidine.

L'anisidine a pour formule

$$C^6H^4\begin{cases}OCH^3\\AzH^2\end{cases}$$

elle peut exister sous trois modifications isomériques (ortho, méta et para). C'est le dérivé ortho qui donne le produit le plus beau ; c'est, par conséquent, cette dernière modification qu'on cherche à produire en grande quantité. Sa préparation s'effectue de la manière suivante : On verse peu à peu du phénol ordinaire C^6H^5-OH, dans un mélange d'acides sulfurique et nitrique ; on emploie pour une molécule de phénol un peu plus d'une molécule d'acide nitrique et on opère à une température de 30°. On ajoute de l'eau et on distille dans un courant de vapeur d'eau.

Le produit nitré est constitué par un mélange d'ortho = et de para = nitrophénol. Or, le premier seul est volatil avec les vapeurs d'eau. Cette propriété permet de séparer très facilement les deux isomères.

L'orthonitrophénol ainsi obtenu est chauffé en autoclave avec de la chaux et du chlorure de méthyle ; il se transforme alors en ortho-nitroanisol.

$$C^6H^7\begin{cases}OCH^3\\AzO^2\end{cases}$$

L'orthonitroanisol est réduit par le fer et l'acide acétique, ou par l'étain et l'acide chlorhydrique ; il se transforme alors en orthoanisidine, qu'on purifie par distillation.

Matières colorantes tétrazoïques. Ces matières colorantes contiennent deux fois le groupe azoïque (Az = Az)''. On les obtient en faisant agir l'acide nitreux sur les dérivés amidoazoïques et en combinant le diazo ainsi formé à un phénol. La seule matière colorante de cette classe qui ait de l'importance est le ponceau de Biebrich ou éricine, découvert par Nietzki en 1879. On l'obtient en faisant agir le dérivé diazoïque du jaune solide (amidozobenzine sulfoconjuguée) sur le β-naphtol. Il a donc pour formule :

$$C^6H^4\begin{cases}SO^3H\\Az=Az-C^6H^4-Az=Az-C^{10}H^7(OH)\end{cases}$$

Il va sans dire qu'on peut remplacer le β-naphtol par ses dérivés sulfonés ou par les dérivés de l'α naphtol. On obtient alors des matières colorantes analogues.

Nietzki a indiqué une réaction qui permet de reconnaître, si le groupe sulfureux est contenu dans le corps azoïque ou dans le β-naphtol ; dans le premier cas, la matière colorante se dissout en vert magnifique dans l'acide sulfurique concentré ; dans le second, la coloration obtenue est d'un bleu foncé.

Dans toutes ces matières colorantes, les deux groupes azoïques sont en *para* par rapport au reste phénylène ; ceci ressort de leur mode de formation.

Crocéine. Ce produit s'obtient en faisant agir le dérivé diazoïque du jaune solide (acide amidoazobenzine sulfurique) sur le naphtol sulfoconjugué breveté par Rumpf. Le mode de préparation est tout à fait analogue à celui des autres azophénols (oranges I et II, par exemple).

Tétrazos de la résorcine. Ces corps n'ont qu'une importance industrielle médiocre. Nous en dirons cependant quelques mots, car ils sont les représentants d'une nouvelle classe de corps azoïques, où les deux restes (Az = Az) substituent deux atomes d'hydrogène en méta. Ils se distinguent en cela des *éricines*, où les deux restes (Az = Az) sont entre eux en para.

On obtient ces corps de la manière suivante : On combine d'abord un reste d'aminé à la résorcine ou à ses homologues, en passant par le dérivé diazoïque.

L'azophénol obtenu, maintenu en dissolution par un alcali, est additionné d'une nouvelle quantité d'un dérivé diazoïque. Soient R, R', les radicaux qu'on veut combiner à la résorcine ; les

équations suivantes rendent compte des réactions qu'on effectue :

I. $R-AzH^2HCl+AzO^3H=2H^2O+R-Az=Az-Cl$

II. $$R-Az=Az-Cl+C^6H^4<^{OH}_{OH}= \quad \text{(Résorcine)}$$

$$R-Az=Az-C^6H^2<^{OH}_{OH}+HCl \quad \text{(1er corps azoïque)}$$

III. $$R'-Az=Az-Cl+R-Az=Az-C^6H^3<^{OH}_{OH}=$$

$$HCl+\begin{matrix}R-Az=Az\\R'-Az=Az\end{matrix}>C^6H^2<^{OH}_{OH} \quad \text{(Tétrazo de la résorcine)}$$

Exemples : *Matières colorantes dérivant de l'aniline, résorcine et acide sulfanilique.* On transforme 93 kilogrammes d'aniline en dérivé diazoïque et on le combine à 110 kilogrammes de résorcine, on dissout le produit dans la soude et on additionne la solution de 173 kilogrammes d'acide sulfanilique, préalablement transformé en dérivé diazoïque. On précipite la matière colorante par le sel.

C'est une poudre brune, facilement soluble dans l'eau chaude, qui est employée en teinture comme les matières colorantes azoïques en général. Elle donne, sur laine et sur soie, une belle coloration rouge-brun.

2. *Matière colorante dérivée de la nitraniline, orcine et naphtylamine disulfonée.* Si, dans la préparation précédente, on remplace l'aniline par 138 kilogrammes de nitraniline, la résorcine par 122 kilogrammes d'orcine et l'acide sulfanilique par 303 kilogrammes d'acide naphtylène-disulfureux, on obtient une magnifique matière colorante jaune-brun.

3. *Matière colorante dérivée de la xylidine sulfoconjuguée, résorcine et amidoazobenzine.* On fait de la manière ordinaire le dérivé diazoïque de 201 kilogrammes de xydiline sulfoconjuguée, que l'on fait réagir sur la résorcine ; le corps formé est combiné au dérivé diazoïque de l'amidoazobenzine, provenant de 233 kilogrammes de chlorhydrate d'amidoazobenzine.

La matière colorante ainsi obtenue contient trois fois le groupe (Az=Az) ; elle correspond à la formule :

$$C^6H^5-Az=Az_{(4)}-C^6H^4-Az_{(1)}=Az_{(1)}$$
$$CH^3$$
$$CH^3-C^6H^2-Az=Az_{(3)}$$
$$SO^3H$$
$$>C^6H^2<^{OH}_{OH}$$

Elle renferme à la fois les groupes (Az=Az) en meta et en para. — G. B.

Bibliographie : Wurtz : *Progrès de l'industrie des matières colorantes artificielles* ; Wurtz : *Dictionnaire de chimie et supplément* ; Lauth : *Les produits chimiques et pharmaceutiques*, Rapport sur l'Exposition de 1878 ; R. Meyer : *Die neuere Entwickelung der Theer farben industrie.*

COLORATION DES BOIS. *T. techn.* Opération qui consiste à donner artificiellement aux bois des couleurs variées, soit à leur surface, soit dans toute leur masse. La coloration peut se faire de trois manières différentes (sans parler de la peinture qui s'applique sur tous les corps indistinctement) : la première est une simple teinture superficielle qui se fait à l'aide de matières colorantes ; la seconde est un procédé chimique, de coloration également superficielle, mais où l'on n'emploie pas de matières colorantes proprement dites, et seulement des acides incolores ou fort peu colorés ; la troisième est une pénétration, une *infiltration* de matières colorantes dans toute la masse du bois.

1° **Coloration des bois par teinture.** Ce mode de coloration, le plus anciennement connu et le moins intéressant aujourd'hui, s'effectue par des procédés analogues à ceux qu'on emploie dans la teinture uniforme des fils et des tissus ; c'est-à-dire qu'après avoir fait subir au bois l'opération préparatoire du mordançage (en le plongeant dans une dissolution d'alun ou dans l'eau de chaux), on l'immerge ensuite dans le bain de matières colorantes, ordinairement chaud. Si la pièce ne peut être introduite dans la cuve, on applique sur elle la teinture avec une éponge ou un pinceau. La teinture ne pénétrant qu'à une très faible profondeur, le bois ne peut être alors travaillé au rabot ou au tour sans qu'on risque de mettre à nu sa couleur naturelle. Si cependant le bois est réduit en planches minces, de 1/2 à 2 millimètres, comme celles qu'on emploie dans le placage, on peut le teindre avant de le travailler.

Les bois teints étaient, il y a un siècle encore, très employés dans l'ébénisterie, le placage, la marqueterie de l'époque, variant selon les caprices de la mode. On produisait avec des pièces découpées de différentes formes et de teintes variées, des effets de symétrie et de contraste assez agréables. Ce genre est aujourd'hui abandonné ; toutefois, on revient aux mosaïques riches, composées de bois blancs ou foncés, mais dans leurs couleurs naturelles, mêlés à l'ivoire, à la baleine, à la nacre, à l'écaille et même aux métaux, cuivre, argent. Il est probable que, par suite du prix élevé d'un tel travail, la mode ramènera l'usage des bois teints, d'une valeur plus accessible.

Les bois blancs, tels que l'érable, le sycomore, le platane, le mûrier, sont seuls susceptibles de recevoir les couleurs tendres : *rose-clair, jaune-clair, vert-pomme, bleu-ciel* ; on réserve l'aulne, le frêne, le noyer blanc, le cerisier, le hêtre, l'alisier jeune, certains pommiers, pour les teintes plus foncées : *rouge, orangé, vert, bleu ;* et le noyer d'Auvergne, le prunier, le buis, pour les teintes les plus foncées. Le *noir* s'applique à tous les bois. Le houx, le marronnier, le gui s'emploient blancs dans leur état naturel.

Avant de procéder au mordançage, on peut, comme pour les tissus, commencer par les décolorer. La *décoloration* se fait par le procédé de MM. Renard-Perrin, lequel consiste à *infiltrer* dans le bois une dissolution de soude à 1/4 de degré, puis de l'eau, ensuite une solution d'hypochlorite de chaux (chlorure de chaux), puis de l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique et enfin de l'eau pure. Le bois ainsi préparé est apte à recevoir les teintes les plus délicates. On l'emploie ainsi blan-

chi pour imiter l'ivoire dans les incrustations d'ébénisterie.

On teint en *rouge* avec le *rocou*, la *Garance*, l'*orcanette*, l'*orseille*. la *terre de Sienne*, la *gomme adragante*, les *bois de campêche*, de *Brésil*, de Fernambouc. Le *jaune* s'obtient avec la *gaude*, les *grains d'Avignon*, la *gomme-gutte*, le *curcuma*, le *bois-jaune*, le *fustel*, le *quercitron*, etc. Le *vert* se fait avec l'*azotate de cuivre* ou le *vert de gris;* les ébénistes teignent d'abord en bleu, puis font passer la couleur au vert par un lavage d'épine-vinette, ou au moyen du jaune de gaude. Pour la teinture en *bleu*, on se sert d'*indigo*, de *tournesol*, de *bois de campêche*, de dissolution *de cuivre* dans l'acide nitrique. Le *violet* s'obtient au moyen d'une décoction de *bois de campêche* mêlée d'alun. On peut aussi teindre d'abord le bois en *rouge-clair* et passer ensuite au bain de *tournesol*. Enfin, pour teindre le bois en *noir*, on connaît une multitude de recettes ; la suivante suffira :

	en poids		
Noix de galles concassée.	15 parties	⎫	Ebullition dans
Bois d'Inde.	4 —	⎬	une quantité
Vert de gris	2 —	⎭	d'eau
Sulfate de fer.	1 —		suffisante.

Pour les différentes couleurs, le degré de concentration du bain, sa température, la durée et le nombre des immersions, varient avec la nature des bois et selon l'intensité des nuances qu'on veut obtenir. En général, il faut employer des liquides très peu teintés, pour obtenir des colorations foncées, et opérer à froid, autant que possible ; les nuances sont plus belles.

2° **Coloration chimique des bois.** Exaltation du veinage. Il ne s'agit plus ici d'employer des matières colorantes diverses, ni de donner une teinte uniforme plus ou moins foncée à la surface du bois. Dans ce procèdé, le but est simplement d'exalter, en les embellissant, les couleurs naturelles du bois et de conserver visibles tous les caprices et toutes les beautés du veinage, ce qui n'empêche pas de reconnaître l'essence du bois. On ne se sert, à cet effet, que d'acides incolores ou très peu colorés par le fer et le cuivre. Le procédé est fondé sur cette propriété que possèdent tous les bois d'être très peu perméables lorsqu'ils présentent leur fil au liquide, et de l'être au contraire beaucoup, quand ils présentent leur bout. Il résulte de là que l'action d'un acide sur le bois sera d'autant plus profonde et plus visible que le liquide pénètrera dans une direction plus rapprochée de celle des fibres du bois ; en sorte qu'un changement de direction dans les veines du bois amène une variation de teinte ; de là les effets de contraste, d'accidents de couleur plus ou moins marqués et parfois très heureux. On conçoit que toutes les essences de bois et toutes les parties d'un même arbre ne peuvent se prêter également à ces effets de coloration. Il faut choisir les endroits où les fourches des branches présentent des déviations de fil, des épanchements de sève, des entrelacements. Les bois les plus aptes à ce genre de coloration sont le frêne, l'orme, l'aulne, l'érable, le sycomore, le châtaignier, l'if, le buis.

Pour obtenir des effets variés de coloration, il suffit de deux acides : le *vinaigre*, pour produire l'acétate de fer (au moyen de la boue des meules de taillandier) et l'*eau-forte*, pour obtenir des solutions de cuivre à divers titres. L'opération se fait à froid. Il ne faut que de très petites quantités de liquides pour produire des effets de coloration assez intenses.

Un autre mode de coloration qui se rattache au précédent, est à noter ici : « Les bois exposés aux *vapeurs ammoniacales* humides, acquierrent une couleur plus foncée. Cette propriété peut, d'après l'observation de M. Melsens, servir à donner un caractère de vétusté aux meubles et aux sculptures d'une date récente. »

3° **Coloration des bois par infiltration.** On opère tantôt sur l'arbre vivant (procédé du Dr Boucherie) (V. Conservation des bois), tantôt sur l'arbre abattu, coupé en billes, avec son écorce ou écarri (procédé de MM. Renard-Perrin). Dans le premier cas, c'est la force d'aspiration du végétal qui fait monter jusqu'à l'extrémité des branches le liquide coloré ou conservateur, placé autour du tronc de l'arbre incisé. Dans le second, la pression atmosphérique ou celle du liquide colorant placé à une certaine hauteur ou comprimé à l'aide de pompes foulantes, détermine le passage du liquide dans toute la longueur du bois dont il pénètre les vaisseaux capillaires.

A l'origine de ses expériences, le Dr Boucherie avait surtout en vue la *conservation des bois;* plus tard, pensant que l'ébénisterie pourrait aussi profiter de ses procédés, « il a introduit dans les pores du bois des substances pouvant donner naissance à des matières colorantes par leur décomposition mutuelle. C'est ainsi qu'avec un sel de fer et de la matière tannante, du cyano-ferrure de potassium, de l'acétate de plomb, du chromate de potasse, etc., MM. Renard-Perrin ont produit, dans les bois, des veinages *noirs*, *bruns*, *gris*, *jaunes*, *verts*, *bleus* et d'autres teintes qu'on peut varier à l'infini. » L'érable, le platane, entre autres, se prêtent parfaitement à ce mode de coloration et donnent de très beaux effets. — C. D.

COLORATION DES JOUETS. Jusqu'à ces derniers temps, les jouets d'enfant étaient recouverts de couleurs à l'eau éminemment toxiques ; des analyses ont démontré que le jaune était du jaune de chrome ou du chromate de plomb ; le rouge, du vermillon ou sulfure de mercure ; le bleu, du cyanure de fer ou bleu de Prusse ; le vert, un composé à base de cyanure de fer, ou du vert de Scheele. Le ministre de l'agriculture et du commerce, sur l'avis du comité consultatif d'hygiène, invita (mai 1878) les préfets à prendre un arrêté proscrivant expressément l'emploi de ces substances dangereuses pour colorer les jouets. On essaya alors de les recouvrir d'une couche de vernis gras : mais ce vernis ne pénétrait pas dans tous les interstices, recouverts de peinture, en outre, dans les jouets en caoutchouc, à cause de leur élasticité, la peinture se pulvérise, se détache à l'état de poussière que l'enfant absorbe aisément. Bien que l'on connaisse des procédés

permettant de colorer les jouets avec des couleurs d'une innocuité parfaite, le laboratoire de chimie de la Préfecture de police a constaté que les fabricants se servent toujours de couleurs nuisibles.

Les couleurs inoffensives sont le résultat de l'emploi et de la combinaison variée de l'*éosine* et de la *fluorescéine* qui, avec l'hydrate d'oxyde de zinc, donnent des laques de nuances très riches. Néanmoins, les laques jaunes de fluorescéine résistent mal à la lumière.

La question de la coloration des jouets est de celles qui s'imposent à l'attention des hygiénistes, car elle intéresse au plus haut point la santé publique.

***COLORATION DES LIQUIDES.** Toute coloration artificielle d'une substance alimentaire doit être prohibée, même si elle est inoffensive, quand elle a pour but de tromper l'acheteur sur la qualité ou la provenance de la marchandise : tel est le cas de la coloration artificielle des vins, car cette manœuvre est toujours destinée à masquer une addition d'eau ou une préparation défectueuse ; ce genre de fraude et les moyens employés pour la déceler, sont décrits à l'art. Vin. Mais quand il s'agit de liqueurs de fantaisie, de sucreries, de dentifrices, d'eau de toilette, etc., on est pour ainsi dire obligé de se soumettre à l'usage, et au goût du public qui exige que tous ces produits présentent une certaine teinte à laquelle il est habitué de longue date, bien que ces produits ne possèdent au naturel aucune couleur ou n'en possèdent que fort peu. Si on ne les colorait pas avant de les livrer au commerce, les eaux-de-vie, les rhums et toutes les liqueurs spiritueuses, la plupart des sirops, etc., seraient à peine plus colorés que l'eau pure. On remarquera à ce sujet que le nombre des liqueurs auxquelles le consommateur permet d'être incolores, comme le kirsch ou l'anisette, est fort restreint : il semble que l'œil admette difficilement qu'un liquide incolore puisse être riche en principes actifs ou sapides.

La coloration artificielle des produits de l'industrie du distillateur, du liquoriste, du parfumeur et du confiseur constituant une nécessité commerciale, les Conseils d'hygiène et de salubrité, les Congrès des hygiénistes se sont à plusieurs reprises occupés de la question, et ont fait connaître aux intéressés les substances dont l'emploi pouvait être toléré et celles qui devaient être interdites. Nous allons passer rapidement en revue les matières premières les plus usitées dans les différentes industries énumérées plus haut, et la manière de les transformer en solutions prêtes pour l'emploi.

Couleurs rouges. Cochenille : en dissolution aqueuse (à 60 gr. par litre) que l'on prépare à chaud, et à laquelle on ajoute un peu d'alun et de tartre.

Bois de Santal : infusion alcoolique à.	15	gr. par litre.
Bois de Fernambouc : infusion alcoolique à.	200	—
Baies de Myrtille : infusion alcoolique à	250	—
Cudbear : — —	200	—

on filtre après deux ou trois jours de digestion.

Orseille en pâte : infusion alcoolique à	200	gr. par litre.
Hématine ou matière colorante du bois de campêche : infusion alcoolique à.	50	—

C'est cette dernière matière qui donne à certains curaçaos la propriété de rougir par l'addition d'eau. Ces différents rouges associés au jaune ou au brun donnent les diverses nuances d'orangés (poudres dentifrices, eaux de Botot, du docteur Pierre, etc.).

Couleurs jaunes. Safran : épuisement par 15 parties d'eau chaude en 2 ou 3 fois, ou bien infusion alcoolique à 125 gr. par litre.

Curcuma : infusion alcoolique à 125 grammes par litre.

Caramel : sucre torréfié puis dissous dans l'eau, ou bien sirop chauffé jusqu'à brunissement.

Mélasse de raffinerie de sucre de canne.

Caramel de glucose : glucose chauffé seul ou en présence d'un peu d'alcali.

Gingembre : infusion alcoolique à 800 grammes par litre pendant 8 jours.

Couleurs bleues. Dissolution d'indigo dans l'acide sulfurique, étendue de 20 à 30 parties d'eau, et saturée par la craie. L'indigo ne s'emploie pas seul, mais associé au jaune (safran) il donne les verts pré et les verts pomme ; avec le brun (caramel) donne du vert-olive ; on emploie aussi la décoction à l'eau bouillante de bluet, de pensée, de violette.

Couleurs vertes. Les couleurs vertes peuvent se préparer en faisant macérer dans les liqueurs les sommités des plantes (ache, épinard, mélisse, ortie, véronique, etc.) On peut aussi extraire la matière colorante (chlorophylle) des épinards, en les traitant par la soude étendue et en saturant ensuite par un acide. Ces couleurs étant peu stables, on préfère obtenir le vert par le mélange du bleu et du jaune.

Couleurs d'aniline. L'emploi des couleurs d'aniline, restreint autrefois aux produits de la parfumerie, tend à se répandre dans l'industrie des liqueurs et de la confiserie, grâce à la facilité avec laquelle on obtient leur dissolution dans l'alcool ou dans l'eau, sans macération, ni épuisement, ni expression. Pour les fabricants qui n'en ont jamais fait usage, une petite difficulté résulte de ce fait que certaines couleurs d'aniline ne peuvent être mélangées ensemble car elles se précipiteraient l'une l'autre. Les rouges de fuchsine sont souvent arsénicaux et doivent être surveillés.

Observations sur la composition des teintes. Les doses auxquelles il faut employer ces solutions colorées ou leurs mélanges, pour reproduire les types adoptés par le commerce, sont données aux articles Eau-de-vie, Liqueur, Parfumerie (V. ces mots). Nous ferons seulement remarquer que les couleurs végétales pouvant se mélanger en toutes proportions, on peut, à l'aide d'un très petit nombre d'éléments colorants produire, une grande variété de nuances. De plus une nuance donnée peut souvent être produite par plusieurs formules différentes ; de sorte qu'il n'est pas de coloration qui ne puisse être imitée en procédant par tâtonnements méthodiques. Enfin, dans la composition des teintes nouvelles, ou de fantaisie, les prati-

ciens ne devront pas perdre de vue que le jaune, le rouge et le brun constituent les couleurs de l'immense majorité des produits commerciaux usuels, tandis que les liqueurs vertes sont infiniment moins nombreuses (absinthe, chartreuse et quelques eaux de toilette) ; quant aux couleurs violettes et surtout bleues, on ne les emploie jamais seules, car leur absorption, comme celle du noir, paraît répugner à l'organisme humain. — P. G.

Bibliographie : DUPLAIS : *Traité des liqueurs* ; *Comptes rendus du Congrès des hygiénistes*, à Paris, en 1878 (imp. nationale); RORET : *Manuel du distillateur-liquoriste;* RORET : *Amélioration des liquides;* LUNEL : *Cosmétiques et parfums* (Lacroix); S. PIESSE : *Des odeurs et des parfums* (J.-B. Baillière).

***COLORATION DES MÉTAUX ET DES PIERRES.** La coloration des pierres peut se faire par un procédé de teinture analogue à celui qui est employé pour les bois ; c'est-à-dire qu'elle n'est que superficielle, si non avec les pierres très poreuses qu'elle pénètre assez profondément.

Quant à la coloration des métaux, elle peut être obtenue en *teintes plates* ou en *anneaux colorés* des nuances de l'arc-en-ciel. On produit ces vives couleurs sur le cuivre (pur, argenté ou doré), sur l'acier, l'argent, l'or, le platine, soit par *voie électrique*, soit par *voie chimique*, en soumettant le métal à un courant de *vapeur de brome ou de sulfhydrate d'ammoniaque*, soit simplement par *voie thermique*, en exposant à une flamme le métal poli ou bruni. Ces riches nuances se conservent assez bien à l'air pendant des années ; mais il est plus sûr de les protéger par une couche de vernis. Ces couleurs vives appliquées à l'ornementation des vases et des meubles seraient capables de produire de beaux effets sous la main d'un artiste.

***COLORATION DES TISSUS.** — V. IMPRESSION SUR ÉTOFFES ; TEINTURE.

COLORIAGE. *T. techn.* Opération qui consiste à appliquer des couleurs ; on dit aussi *enluminure.*

***COLORIGRADE.** *T. de phys. et d'opt.* Instrument imaginé par Arago (un autre par Biot), et destiné à mesurer l'intensité des lumières colorées, en se basant sur les propriétés de la lumière polarisée chromatique. On a maintenant d'autres moyens de comparer les lumières colorées.

***COLORIMÈTRE.** *T. de phys.* Instrument servant à mesurer l'intensité colorante des matières colorées ou colorantes. Il en existe de diverses sortes ; les plus employés sont les suivants :

Colorimètre de la Billardière. Il est essentiellement constitué par deux tubes de verre d'égale épaisseur, de 33 centimètres de long, sur 14 à 15 millimètres de diamètre. Ces tubes, fermés par un bout, sont partagés, dans les 5/6e de leur longueur, en deux parties égales, dont la supérieure est graduée en 100 parties. Les tubes se posent perpendiculairement à côté l'un de l'autre, dans le fond d'une boîte en forme de pyramide tronquée, laquelle, sur ses petits côtés, est munie d'ouvertures. Une d'elles, circulaire et placée en avant, sert d'oculaire ; la face opposée a deux fentes, de la largeur des tubes de verre, et qui correspondent à la place que les tubes occupent ; elles laissent pénétrer la lumière, de façon à éclairer seulement la partie inférieure des tubes. Si l'on a deux matières colorantes à comparer, on en dissout un poids semblable dans un volume de liquide, égal au volume occupé par la division inférieure des tubes, puis on examine, en plaçant l'appareil dans un jour convenable, et en le tenant légèrement incliné : on voit s'il y a des différences dans l'intensité des teintes. Si l'on trouve ce résultat, on ramène l'un des tubes à offrir une coloration identique à l'autre, en augmentant le volume du liquide. Il reste à comparer ces volumes : si l'un est de 100 et que l'on ait ajouté 35 divisions d'eau dans le second, le rapport entre le pouvoir colorant des deux matières est donc comme 135 : 100.

Colorimètre Collardeau. Il se compose de deux lunettes exactement semblables, accouplées sur un pied, et dont les axes convergent sous un angle tel, que l'opérateur peut facilement voir d'un œil, à travers les deux lunettes à la fois. Chaque lunette est formée de deux tubes concentriques, fermés par des disques de verre, et entrant à frottement l'un dans l'autre, le verre du tube intérieur pouvant s'appliquer exactement sur celui de l'enveloppe ou tube extérieur. Le tube intérieur offre à sa surface des divisions graduées ; il est alors facile, en allongeant plus ou moins ce tube, de mesurer l'écartement des verres. De sorte que, si l'on a placé des solutions colorées de même nature, et faites toujours avec un même poids de substances, dans chacun des tubes, le degré d'allongement de chaque lunette représente la proportion inverse des pouvoirs colorants respectifs des deux solutions. On peut employer cet instrument pour connaître le pouvoir décolorant du charbon animal, si l'on ne possède pas le décolorimètre Payen. — V. CHARBON ANIMAL.

Colorimètre Salleron. Cet instrument s'applique surtout à la détermination de l'intensité de coloration des vins de coupage, que le commerce en gros livre toujours avec une même nuance, à peu de chose près. Il est basé sur la comparaison avec les teintes types empruntées aux cercles chromatiques de M. Chevreul, teintes qui, pour les vins, peuvent varier du violet rouge nos 1, 2, 3, 4 et 5 au rouge nos 1, 2 et 3, des couleurs franches. Ces nuances étant disposées sur un carton, à côté de disques de même dimension, mais blancs, on conçoit qu'en plaçant entre l'œil et ces derniers disques, une petite lunette contenant une certaine épaisseur de vin, on arrivera facilement à trouver la nuance qui correspond à celle type, puisque l'on voit en même temps cette dernière, au moyen d'une seconde lunette placée à côté de l'autre.

Il existe un grand nombre de colorimètres destinés à cette appréciation de la couleur des vins.

***COLORINE.** *T. de chim.* Nom donné à des principes colorants différents. En 1840, MM. Girardin et Grelley, désignèrent sous ce nom, la partie utile de la garance, qu'ils obtenaient en épuisant la poudre de racine par l'eau alunée, puis préci-

III. — Dict. encycl. Tome I. 41

pitant par l'acide sulfurique. La découverte de la *garancine* a empêché de se servir de ce produit.

‖ Nom sous lequel on a, en 1874, lancé dans le commerce, les caramels à base de fuchsine ou d'autres dérivés analogues, destinés à la coloration des vins.

COLORISATION. Ce mot est employé spécialement pour désigner un changement de couleur produit à la surface ou dans la masse d'un corps solide, liquide ou gazeux, par une action chimique naturelle ou artificielle. Dans ce sens, la production des couleurs, en teintes plates ou irisées à la surface d'un métal, par l'action de la chaleur, d'une flamme, d'une vapeur (de brome, d'iode, de sulfhydrate d'ammoniaque, etc.), ou par dépôt électro-chimique de couches minces de peroxyde de plomb, de fer, etc., est une *colorisation*. Il en est de même lorsqu'on ajoute à une dissolution un réactif qui fait apparaître une couleur plus ou moins caractéristique.

En physique, on donne quelquefois le nom de *colorisation* à la production de teintes variées, par le passage d'un rayon de lumière blanche à travers un liquide et à travers des cristaux taillés de certaines façons, ou sous l'influence électro-magnétique.

La colorisation se dit, en général, de l'application d'une ou plusieurs couleurs sur un corps, par un procédé quelconque, mécanique, physique ou chimique. Lorsque cette application se fait sur papier (estampe, dessin, carte géographique), on lui donne ordinairement le nom de *coloriage* et de *coloration* lorsqu'elle se fait sur tissus (par mordants, réserves, rongeants).

***COLTIN.** Sorte de chapeau de cuir dont le bord postérieur descend sur le cou et les épaules, et dont se couvrent certains portefaix pour porter des fardeaux sur leurs têtes.

***COLTINEUR.** *T. de mét.* Manœuvre coiffé du coltin qui décharge le charbon de terre.

COLZA. Plante oléagineuse que l'on cultive principalement pour l'huile qu'on extrait de sa graine. — V. Huile.

***COMBE** (La Grand'-). — V. Grand'combe.

***COMBES** (Charles-Pierre-Mathieu), ingénieur, né le 26 décembre 1801, mort à Paris le 11 janvier 1872. Ancien élève de l'Ecole Polytechnique, d'où il sortit en 1820; il fut nommé professeur d'exploitation à l'Ecole des mines. L'institut lui ouvrit ses portes en 1847, et il fut, quelques années plus tard, désigné comme secrétaire de la *Société d'encouragement*, dont il publia le *Bulletin*, en collaboration avec M. Péligot. Outre un grand nombre de *Mémoires* sur les mathématiques pures et appliquées, on lui doit d'importants et remarquables ouvrages, parmi lesquels le *Traité sur l'exploitation des mines*, en 5 vol., et un *Traité sur l'aérage des mines*, en 2 vol. Chevalier de la Légion d'honneur en 1830, il fut promu officier en 1847, et commandeur en 1860.

COMBINAISON. Ce mot s'applique à un grand nombre de dispositions particulières de pièces de diverses formes et de différente nature. Ainsi, en mécanique, on combine les machines simples (levier, plan incliné, poulie, treuil, vis), pour faire des machines composées. On combine les rouages, les engrenages, les excentriques, les bielles, etc., pour produire certains effets déterminés. En optique, on combine des miroirs plans ou courbes, des verres concaves ou convexes, des prismes, des lames de cristaux taillées de certaines manières, pour obtenir des effets de réflexion, de réfraction, de polarisation de la lumière, des grossissements, des colorations, etc.

Dans le dessin industriel, dans le tissage, la broderie, la passementerie, la marqueterie, la mosaïque, dans l'architecture, la sculpture, etc., on *combine* sans cesse des lignes, des surfaces, des volumes de formes diverses, dont les dispositions symétriques produisent des effets qu'on peut varier à l'infini, selon le goût de l'époque, d'une manière plus ou moins heureuse et nouvelle.

En combinant entre elles les diverses branches des sciences, on en a formé d'autres, telles que: la thermo-dynamique, l'électro-chimie, l'électro-physiologie, etc. Et, en combinant les instruments entre eux, on en a produit de nouveaux, comme le spectro-photomètre, le thermo-manomètre, etc.

Dans la chimie, on nomme *combinaison* l'union intime de deux ou plusieurs corps, et telle que le composé a des propriétés différentes de celles des composants. La *combinaison* diffère du *mélange* en ce que, dans ce dernier, on retrouve toujours les propriétés particulières de chacun des éléments qui le constituent; ainsi l'oxygène et l'azote ne sont que mélangés dans l'air atmosphérique, car celui-ci a toutes les propriétés de chacun de ses principes constituants; tandis qu'ils sont combinés dans l'acide azotique, substance qui diffère sous tous les rapports de ses deux composants.

Toute combinaison produit un dégagement de chaleur plus ou moins sensible, quelquefois de la lumière et toujours de l'électricité. Tantôt il y a changement d'état, comme dans la combinaison du gaz oxygène et hydrogène pour former de l'eau; tantôt changement de couleur, comme dans le cas du soufre et du cuivre; tantôt changement d'odeur, de saveur, comme dans la combinaison du soufre et de l'hydrogène, pour former l'acide sulfhydrique qui a l'odeur des œufs en putréfaction; tantôt changement d'action sur l'économie animale; ainsi l'acide prussique, ce poison terrible, est formé de carbone, d'azote et d'hydrogène, éléments tout à fait inoffensifs, pris isolément. Quelquefois la combinaison s'effectue lentement, comme celle du chlore et de l'hydrogène dans une demi-obscurité; d'autrefois elle se fait avec explosion plus ou moins forte, comme celle de l'oxygène et de l'hydrogène par l'étincelle électrique, ou celle du chlore et de l'hydrogène quand le mélange est exposé à la lumière solaire ou électrique.

Les combinaisons peuvent s'effectuer spontanément en diverses circonstances, ou être provoquées par divers moyens: par la chaleur, la lumière, l'électricité, la pression, le choc, la présence de matières poreuses (mousse de platine), etc.

Quand deux corps se combinent, c'est toujours dans des proportions *définies* et *fixes* (loi de

Proust). Un même corps peut former avec un autre une ou plusieurs combinaisons ; mais celles-ci s'effectuent toujours dans des rapports *simples* et *multiples* les uns des autres. Ainsi un même poids d'un corps s'unira avec des poids P, 2 P, 2 1/2 P, 3 P, 4 P.... rarement 7 P et pas au-delà (du moins en chimie inorganique). C'est la *loi des proportions multiples*, découverte par Dalton, au commencement de ce siècle. Cette loi qui ne s'appliquait d'abord qu'aux corps simples a été étendue aux oxydes, aux acides, aux sels, etc., par Richter, Wenzel, Berzélius, etc. Gay-Lussac a fait rentrer dans cette loi les combinaisons gazeuses, en considérant les volumes au lieu des poids. C'est sur cette constance dans les poids et les volumes des corps qui entrent en combinaison, qu'est fondée la théorie des équivalents et celle des poids atomiques, théories qui servent de bases à tous les travaux chimiques.

On peut remarquer qu'en général deux corps qui ont une grande affinité l'un pour l'autre, ne se combinent qu'en une seule proportion. Exemple : le chlore et l'hydrogène, pour former l'acide chlorhydrique. Si, au contraire, l'affinité est faible entre deux corps, ils peuvent former des combinaisons plus ou moins nombreuses, plus ou moins stables. Ainsi, on connaît, entre le carbone et l'hydrogène, un nombre considérable de combinaisons et l'on en découvre tous les jours. On sait également que plus les corps se ressemblent, moins ils ont de tendance à se combiner entre eux ; cependant, on connaît quelques combinaisons d'acides, beaucoup de deux oxydes et un bon nombre de sels doubles.

Le nombre des combinaisons que l'on peut réaliser entre les corps simples et les corps composés, en chimie minérale, est très considérable déjà et augmente sans cesse. En chimie organique, on peut dire que le nombre des combinaisons possibles est réellement infini. M. Berthelot a montré, en effet, dans sa *chimie fondée sur la synthèse*, t. II, p. 33, que la glycérine est susceptible de former avec les mille acides monobasiques, plus de 167 millions de combinaisons neutres ; de même avec les alcools, l'ammoniaque, etc. : puis, on peut faire des supputations analogues avec les glycérines primaires, secondaires et avec la mannite, la dulcine, etc. — C. D.

***COMBINEUR.** *T. techn.* Appareil qui sert à la distillation continue des liquides spiritueux.

COMBLE. *T. de charp.* Assemblage de pièces de charpente en bois ou en fer destiné à supporter la couverture d'un édifice.

— Ce terme a pour étymologie les mots latins *culmen*, faîte, et *culmus*, chaume, cette dernière matière paraissant avoir été seule employée pour la couverture dans les premiers temps de Rome. Les constructions primitives de l'Orient furent d'abord couvertes avec des blocs de pierres massives formant plafond à l'intérieur et inclinées à l'extérieur, de manière à faciliter l'écoulement des eaux. On trouve de nombreux exemples de toitures ainsi disposées dans les ruines découvertes, en Asie, en Egypte et même en Grèce. C'est dans cette dernière région que l'emploi de la charpente semble avoir été appliqué à la construction des combles pour la première fois. Les lignes inclinées qui limitent les frontons des temples grecs nous indiquent quelle devait être la double pente des couvertures qui surmontaient ces édifices ; cette pente était, d'ailleurs, assez faible, en raison du climat. Les Romains employèrent aussi la charpente pour supporter les toits, mais avec des combinaisons particulières, un grand nombre de maisons étaient pourvues de couvertures ayant la forme de carènes renversées, ce qui fit même appliquer le nom de *carinæ* à tout un quartier de Rome. Les charpentes des premiers édifices chrétiens étaient semblables à celles des anciennes basiliques. Dans les monuments de la période romane primitive, les combles étaient encore de faible inclinaison avec charpentes apparentes. C'est seulement à partir du milieu du XII^e^ siècle que les toits prirent des pentes rapides et furent cachés par des voûtes, sur lesquelles même ils reposaient fréquemment. Plus tard, l'inclinaison s'accentua encore et les charpentes, complètement indépendantes des voûtes inférieures, donnèrent lieu à des combinaisons très ingénieuses ; il y eut des combles pyramidaux, coniques, etc. Enfin, au XVII^e^ siècle, pour racheter la perte d'espace due aux combles aigus, Mansard imagina un comble, dit *à la Mansard* ou *comble brisé* et dans lequel se trouvent réunies la pente faible et la pente rapide. De nos jours, on emploie concurremment les combles à deux versants et les toits mansardés pour les habitations.

Les dénominations diverses appliquées aux combles dépendent de leur forme extérieure. On les divise généralement en deux espèces : 1° en combles *à surfaces planes* (pans, égouts, versants et rampants) ; 2° en combles *à surfaces courbes*. Ceux dont l'usage est le plus répandu appartiennent à la première catégorie. Les uns sont formés par deux plans inclinés en sens inverse, qui déterminent, par leur intersection, la ligne culminante, le *faîte* de l'édifice, et se prolongent jusqu'à leur rencontre avec les murs latéraux ; ces murs sont terminés en triangle à leur partie supérieure et prennent le nom de *pignons*. Les combles ainsi composés sont dits *à deux égouts*. On appelle *appentis* ceux qui ne présentent qu'un seul plan incliné ou un seul égout. Si l'inclinaison de ces deux sortes de combles est assez faible pour qu'on puisse y marcher facilement, on les appelle *terrasses*. Quelquefois, au lieu de prolonger les murs latéraux jusqu'à leur rencontre avec les pans du comble, on les termine horizontalement, à la même hauteur que les autres et l'on appuie également un plan incliné sur chacun d'eux ; ces combles présentent alors autant d'égouts que l'édifice compte de côtés. Lorsque le plan de la construction a la forme d'un polygone régulier, ou lorsque ses côtés diffèrent peu de longueur, tous ces égouts sont triangulaires et se réunissent en un même point à leur partie supérieure ; un comble ainsi composé est habituellement désigné sous le nom de *comble en pavillon*. Quand l'édifice est élevé sur plan oblong, les faces inclinées de la couverture qui s'appuient sur les grands côtés sont les *longs pans*, et ceux qui s'appuient sur les petits, les *pans de croupe*.

Quelle que soit sa disposition générale, un comble est essentiellement composé d'un ou de plusieurs pans de charpente qui supportent un plancher jointif ou à claire-voie, sur lequel s'établit la couverture proprement dite. Ces pans sont formés par des *chevrons*, espacés de 0^m^,33 à 0^m^,60

d'axe en axe, suivant le système adopté pour la couverture. Ces chevrons, dirigés suivant le sens de la pente du toit, sont soutenus, à leur partie supérieure, par une pièce horizontale, dite *faîtage;* à leur pied, par une sablière posée sur la face supérieure du mur, et quand leur longueur dépasse 2^m;50 à 3 mètres, par une ou plusieurs *pannes*, pièces de bois intermédiaires posées horizontalement. Souvent les pignons ou les murs de refend qui leur sont parallèles ne sont pas assez rapprochés pour que, sans sortir des équarrissages habituels de la charpente, on puisse se contenter de faire porter sur ces murs les extrémités des pannes et du faîtage. On a recours alors, pour soutenir ces pièces, à des appareils en charpente que l'on nomme *fermes* (V. ce mot) et qui sont essentiellement composés de deux *arbalétriers*, pièces inclinées suivant la pente du toit, et d'un *tirant*, pièce horizontale qui relie entre elles les extrémités inférieures des arbalétriers. Pour que le triangle ainsi formé offre une stabilité parfaite, on assemble ordinairement les arbalétriers à tenons et mortaises dans une pièce verticale désignée sous le nom de *poinçon*. Cette pièce, prolongée jusqu'au tirant, s'y assemble et s'oppose à sa flexion, au moyen d'un tenon passant ou d'un lien en fer; elle maintient, de plus, le *faîtage*, en s'assemblant aussi avec lui. Des *liens* ou pièces de bois inclinées, placées dans le sens de la longueur du comble, relient les poinçons des fermes à la panne faîtière et s'opposent au déversement. La distance qui sépare deux fermes voisines doit être comprise entre 3 et 4 mètres. L'établissement des combles à croupe exige des dispositions toutes spéciales.

Lorsque deux combles de même hauteur et dont les naissances sont établies au même niveau se croisent, le poinçon qui leur appartient à tous deux et qui reçoit leurs faîtages est soutenu par deux fermes placées en diagonale, qui sont dites *fermes de noues*. Quant à la pente ou inclinaison à donner aux combles à deux égouts, elle dépend de la nature des matériaux qui forment la couverture, des climats sous lesquels la construction est établie et de l'utilisation que l'on veut faire de l'intérieur du comble. Dans nos contrées on adopte les limites suivantes pour l'angle que font avec l'horizon chacun des plans inclinés qui composent la couverture : dans les combles couverts en tuile plate, 40 à 60°; en tuile creuse, 18 à 25°; en ardoise, 33 à 45°; en tôle de fer ou de zinc, 18 à 25°. La couverture en ardoise s'emploie cependant avec des pentes plus fortes, notamment dans les combles brisés ou à la Mansard. Ces sortes de combles, dont la mode a ramené l'usage pour les habitations particulières, ainsi que nous le disions plus haut, peuvent également se terminer, à leurs extrémités, soit par des pignons, soit par des croupes. Ils s'exécutent aussi par travées formées de fermes. A l'endroit de la brisure du toit se trouve une pièce de bois dite *panne de brisis*. Les chevrons qui occupent la partie du comble se rapprochant le plus de la verticale sont les *chevrons de brisis*. Les étages recouverts de combles brisés offrent l'avantage de pouvoir être distribués de la même façon que les étages carrés ou ordinaires.

Les combles à surfaces courbes s'établissent suivant deux systèmes principaux: celui de Philibert de l'Orme et celui du colonel Emy. Dans le premier de ces systèmes, les fermes sont des cintres formés de planches posées sur champ et clouées les unes sur les autres; ces cintres sont reliés entre eux au moyen de *liernes* ou pièces de bois horizontales qui les traversent en les serrant avec des clefs pour les maintenir et leur procurer plus de fermeté. Chacun de ces arcs est reçu, à son pied, dans une sablière posée sur le mur à une certaine distance au-dessous de la corniche. La forme extérieure du comble est donnée, soit par des coyaux qui se placent au-dessus de la corniche et au sommet des arcs; soit, lorsqu'on veut obtenir une courbe plus prononcée, par des arcs surhaussés que des moises peuvent rattacher aux premiers. Dans ces combles les pannes et les chevrons sont inutiles; les fermes y sont assez rapprochées pour que le plancher de la couverture puisse reposer immédiatement sur elles. Les tirants sont également supprimés. Ce système, que Philibert de l'Orme a, le premier, appliqué aux combles à deux égouts, convient parfaitement pour la construction des voûtes légères en bois et principalement des dômes. Toutefois, la multiplicité des joints et le prix de main-d'œuvre le rendent désavantageux. Dans le système du colonel Emy, les arcs sont formés de madriers longs et étroits, superposés les uns aux autres, comme les feuilles d'un ressort de voiture et courbés sur leur plat par leur flexibilité seule. Ces arcs sont maintenus dans leur position et rattachés les uns aux autres par des cours de moises horizontales, ainsi que par des croix de St-André. Parmi les toitures à surfaces courbes, il faut aussi ranger les combles *coniques* et les combles *sphériques*, utilisés pour recouvrir des espaces circulaires. Les premiers, par exemple, sont fréquemment employés pour terminer des tours et des tourelles. Un comble *conique* se compose: 1° d'une plate-forme circulaire reposant sur le couronnement d'un mur; 2° d'un poinçon central et commun; 3° de chevrons principaux en demi-fermes assemblés par le haut dans le poinçon commun et par le bas dans la plate-forme circulaire; 4° de chevrons intermédiaires remplissant l'intervalle des premiers; 5° de faux-entraits; 6° de liernes reliant entre eux les chevrons. Cette disposition générale peut s'appliquer à la moitié ou à une partie d'un comble semblable, tel que le toit de l'abside dans une église. Les combles *sphériques* sont formés de couronnes horizontales reliées entre elles par des pièces de bois courbes, formant arbalétriers et dont les axes sont dirigés suivant des plans méridiens. Les chevrons sont réunis à leur sommet par un tronc de cône en bois dit *noyau d'assemblage*.

Des systèmes de combles particuliers ont été employés pour recouvrir de vastes espaces, tels que des halles, marchés, usines, etc. Dans ce cas, si le bois est utilisé seul, les couvertures sont supportées par des fermes qui sont de véritables poutres armées.

Mais, de nos jours, le fer et la fonte ont été introduits dans la composition des charpentes de ce genre. En effet, la grande résistance du fer forgé à la rupture par extension rend cette matière éminemment propre à remplacer le bois, pour toutes les pièces d'une charpente qui sont soumises à des efforts directs de traction. Il en est de même pour la fonte, par rapport aux pièces qui doivent résister à des efforts de compression. On emploie donc pour cet objet le métal seul ou uni au bois. Les combles de ce genre sont également composés de fermes espacées de 3m,50 à 4 mètres et reliées entre elles par des pannes, qui supportent, en même temps, la couverture. — V. Ferme. — F. M.

Comble. *T. techn.* Espace qui sépare les têtes d'un ouvrage de vannerie. || *Art hérald.* Se dit du *chef* quand cette pièce a moins de la moitié de sa hauteur ordinaire.

COMBURANT. *T. de chim.* Se dit d'un corps qui, en se combinant avec un autre corps, donne lieu à la combustion de ce dernier.

COMBUSTIBLE. On désigne par ce mot les substances capables de s'oxyder ou de se brûler plus ou moins complètement au contact de l'air atmosphérique, en développant de la chaleur susceptible d'être appliquée aux divers besoins économiques; le carbone et l'hydrogène sont les seuls éléments utilisables de tout combustible.

Sauf peut-être certains pétroles et certains graphites, tous les combustibles naturels, sont d'origine végétale : les uns, comme le bois et la tourbe, se forment encore journellement sous nos yeux, les autres, dits *combustibles minéraux*, enfouis depuis longtemps dans le sein de la terre, ont subi, dans le cours des siècles, des modifications qui ont profondément altéré leur nature première. La couleur a graduellement passé du blanc au jaune, puis au brun et enfin au noir; la densité a plus que doublé, la composition chimique s'est modifiée, l'oxygène et l'hydrogène ont disparu, en partie, entraînant avec eux un peu de carbone; l'oxygène surtout se trouve éliminé, de sorte que le combustible solide ainsi modifié, contient en général, d'autant plus de carbone et d'autant moins d'oxygène que l'altération est plus avancée.

La matière végétale, formée principalement de tissus ligneux, peut être regardée pratiquement comme composée de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, en même temps que d'une petite quantité de matières dites *terreuses*. Les premiers éléments constituent la partie organique, les matières terreuses la partie inorganique de la substance végétale.

La source première de la partie organique est dans l'eau et dans l'acide carbonique de l'atmosphère; tous deux sont décomposés par l'économie des plantes sous l'action du soleil. Le soleil est donc réellement la source du pouvoir calorifique de tout combustible. Il résulte de tout ceci, que l'hydrogène employé comme combustible doit toujours être associé au carbone; mais la réciproque n'est pas vraie, car le carbone que l'on peut considérer comme pratiquement exempt d'hydrogène, se trouve en abondance dans la nature. Ainsi la partie combustible de l'anthracite, d'un charbon de bois bien calciné, ou du coke, consiste essentiellement en carbone, associé à une faible proportion d'hydrogène que l'on peut négliger en pratique.

Dans tout combustible renfermant du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, la proportion d'hydrogène peut être égale ou plus grande, mais jamais moindre que la proportion nécessaire pour former de l'eau avec l'oxygène.

Dans la substance ligneuse, appelée *cellulose*, la proportion d'oxygène surpasse de 1/10 celle du carbone, tandis que dans les combustibles les plus altérés, les anthracites, elle n'atteint que 1/40 de la teneur en carbone. La décroissance relative de l'hydrogène est sensible aussi, quoique beaucoup moins prononcée; dans la cellulose on trouve 139 d'hydrogène pour 1,000 de carbone. Dans les houilles, il n'en reste que de 75 à 40; dans les anthracites de 40 à 25; enfin, tandis que dans la cellulose le rapport de l'oxygène à l'hydrogène est égal à 8, on le voit descendre dans les bois fossiles et les lignites depuis 6 jusqu'à 5; dans les houilles proprement dites de 4 jusqu'à 1, dans les anthracites de 1 à 0,75. On voit donc que les divers combustibles diffèrent les uns des autres, au point de vue de leur composition élémentaire, principalement par le rapport du carbone à l'oxygène, et par celui de l'oxygène à l'hydrogène.

Classification des combustibles.

Bois	dur.	
	tendre	
Tourbe.		
Houille	Lignites	Bois bitumineux.
		Houille brune.
	Houilles bitumineuses	Maigre riche en oxygène.
		Grasse riche en hydrogène
		Maigre riche en carbone.
	Anthracite.	
Produit de carbonisation		Bois, *charbon*.
		Tourbe, *charbon*.
		Houille, *coke*.
Gaz combustibles		Oxyde de carbone
		Hydrogène.
		Hydrocarbures.
Combustibles liquides		Pétroles.

Nous allons étudier succinctement chaque combustible.

BOIS.

Le bois se compose essentiellement d'une matière ligneuse, appelée *cellulose*, qui constitue la masse du végétal — cette matière a la même composition élémentaire dans toutes les espèces de bois — puis d'un ensemble de substances étrangères ou parties azotées, telles que le tannin, la résine, la gomme, les matières colorantes, de l'albumine végétale, divers sels qui remplissent les cellules et que l'on désigne par ce motif sous le nom commun de *matière incrustante*; enfin au travers des tissus circule un liquide appelé *sève*.

La nature diverse de ces principes inorganiques caractérise surtout les différentes essences de bois. La partie organique est la partie essentiellement combustible du bois, les matières incrustantes incorporées sont en trop petite quantité pour pro-

duire des effets calorifiques d'une importance pratique. Dans la partie externe du bois, l'*aubier*, où la sève circule encore, les cellules ne sont que partiellement incrustées, par contre l'incrustation est totale au cœur des troncs dont la couleur devient plus foncée.

La cellulose se compose uniquement de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, dans les rapports représentés par la formule $C^{12}H^{10}O^{10}$, où l'hydrogène et l'oxygène sont dans le rapport de l'eau, c'est-à-dire 1/8.

Le bois contient une grande quantité d'eau qui peut être complètement chassée à une température bien inférieure à celle de la décomposition de la partie organique. Le tableau suivant, dont les échantillons ont été pris sur le tronc de chaque arbre, donne la composition élémentaire des bois secs les plus communs dans nos climats :

Nos	Nom de l'arbre	Age et partie de l'arbre	Non compris les cendres				Cendres pour 100	Composition moyenne non compris les cendres			
			Carbone	Hydrogène	Oxygène	Azote		Carbone	Hydrogène	Oxygène	Azote
1	Hêtre.	70 ans	48.89	6.13	43.09	0.88	0.86				
2	—	58 ans	49.96	6.02	42.79	1.23	1.00				
3	—	69 ans	49.75	6.04	43.09	1.12	0.88	49.89	6.07	43.11	0.93
4	—	Bois de branches	50.49	6.11	42.64	0.76	2.15				
5	—	Brins	49.62	6.12	43.58	0.67	1.29				
6	—	Fagots de jeunes troncs de 25 à 30 ans.	51.15	6.31	41.74	0.80	1.50				
7	—	Fagots de branches d'arbres	51.24	6.15	41.35	1.26	1.94				
8	—	de 70 à 80 ans.	51.06	6.22	41.75	0.97	1.71	51.08	6.23	41.61	1.08
9	—	Fagots de branche d'un arbre de 120 ans.	50.88	6.25	41.60	1.27	1.93				
10	Chêne.	120 ans.	50.97	6.02	41.96	1.05	2.43				
11	—	Branches du n° 10.	51.01	6.00	41.72	1.26	2.03	50.64	6.03	41.05	1.28
12	—	Fagots brins 30 ans.	50.82	6.23	41.98	0.97	1.45				
13	—	Fagots d'un arbre de 50 ans.	50.73	»	»	0.99	1.56				
14	—	Fagots d'un arbre de 70 ans.	50.93	6.15	41.91	1.01	2.10	50.89	6.16	41.94	1.01
15	—	Fagots d'un arbre de 130 ans.	51.08	6.10	41.74	1.08	2.16				
16	Bouleau.	60 ans.	50.59	6.21	42.16	1.03	0.71				
17	—	Branches du n° 16.	50.79	6.29	41.48	1.44	1.03	50.61	6.23	42 04	1.12
18	—	Fagots de brins de 30 ans.	52.21	6.36	40.24	1.19	1.16				
19	—	Fagots de brins de 55 ans.	51.61	6.32	40.95	1.12	1.54	51.93	6.31	40.69	1.07
20	—	Fagots de l'arbre de 50 à 60 ans	51.97	6.25	40.89	0.89	1.26				
21	Tremble.	Branches et troncs d'un arbre de 25 ans, moyenne.	50.31	6.31	42.39	0.98	1.86				
22	—	Fagots de branches d'arbres de 25 ans.	51.02	6.28	41.65	1.05	2.98				
23	Saule.	Brins de 20 ans.	51.75	6.19	41.08	0.98	3.67				
24	—	Fagots de branches de brins de 20 ans.	54.03	6.56	37.93	1.48	4.57				
		Moyenne . . .	51.215	6.237	41.449	1.098	1.172				

Classification des bois. Les bois diffèrent beaucoup plus par leurs caractères extérieurs que par leur nature chimique comme nous venons de le voir, les uns sont légers, tendres à tissu lâche, d'autres sont lourds, durs à grain serré.

Au point de vue de leur compacité on les divise dans nos climats, en essences dures et en essences tendres.

Les bois dont la densité à l'état sec est supérieure à 0,55 et à l'état vert au dessous de 0,90 sont les essences dures ; les essences tendres sont les bois dont la densité est inférieure à ces deux limites.

Un grand nombre d'éléments, le climat, l'exposition, le degré d'humidité du sol influent sur la densité du bois, elles est d'autant plus grande que le développement du végétal est plus lent. Dans les circonstances ordinaires de nos climats, les bois usuels de l'Europe centrale ont en général, après dessiccation prolongée à l'air, les densités suivantes, d'après un résumé de M. Shéerer (*Traité de métallurgie*, page 167).

Bois durs.	Hêtre	0.77	
—	Chêne	0.71	
—	Frêne	0.67	
—	Erable	0.64	
—	Ormeau	0.57	
—	Bouleau	0.55	Ces deux bois sont à la limite des essences tendres.
—	Aulne	0.54	
Bois tendres.	Pin blanc	0.48	
—	Sapin rouge	0.47	
—	Pin	0.55	
—	Mélèze	0.47	
—	Tilleul	0.44	
—	Saule	0.48	
—	Tremble	0.43	
—	Peuplier d'Italie	0.39	
—	Peuplier noir	0.32	

Il s'agit ici de la densité proprement dite du bois, y compris ses pores, et non de celle de la ma-

tière ligneuse compacte (à laquelle M. Violette donne une densité de 1,50).

Par état sec, on n'entend pas la siccité absolue : cet état indique seulement le degré de dessiccation que peut amener l'exposition prolongée à l'air ordinaire sous un hangar, le bois conserve alors encore de 20 à 25 0/0 de son poids en eau.

Outre cette première classification que nous venons d'indiquer, on peut aussi ranger les bois autrement en les distinguant en bois feuillus et en conifères, on a alors trois classes :

1° Bois durs, comprenant le hêtre, le chêne, le frêne, l'érable, le bouleau ;

2° Bois blancs, comprenant le châtaignier, le tilleul, le tremble, le saule, le peuplier ;

3° Bois résineux, comprenant le pin et le sapin.

Densité et dessiccation des bois. La valeur du bois comme combustible dépend surtout de sa densité et de son état de siccité ; il importe d'avoir le maximum de poids sous le plus petit volume. Le prix du bois dépendant de sa densité, on doit connaître le poids des diverses essences par stère, ou à l'ancienne corde qui vaut 2,75 stères, c'est la seule manière de l'évaluer en forêt. Le poids du bois, comme nous l'avons dit, varie suivant le climat et la nature du sol pour une même essence. D'après Werneck, le bois des arbres de montagne, dans les mêmes conditions, est plus compact que celui des arbres qui croissent dans la plaine ; le bois des arbres venus serrés est plus compact que celui des arbres venus isolément, enfin plus le sol est sec plus le bois est compact (Percy). Sur pied à l'état vert, la proportion d'eau est très forte, par suite les bois sont plus lourds et la valeur est moindre que pour les bois séchés à l'air ; cette proportion d'eau retenue par le bois varie non seulement avec les essences, le climat, le sol, l'exposition, mais encore et surtout avec l'époque de l'année, elle atteint son maximum au printemps, lorsque la sève se met en mouvement et provoque le développement des premières feuilles ; elle est réduite au minimum au cœur de l'hiver après la chute des feuilles.

Les expériences montrent que le frêne vert contient en janvier 28 à 29 0/0 d'eau ; en avril 38 à 39 0/0 d'eau. Le sapin rouge en janvier 52 0/0 d'eau, en avril 61 0/0 d'eau.

On doit donc abattre les arbres en hiver ou tout au moins en automne, mais jamais au printemps.

On voit d'après ce qui précède qu'en hiver les bois verts renferment de 30 à 50 0/0 d'eau, celle-ci s'évapore après la coupe d'autant plus facilement, par la simple exposition à l'air, que les troncs sont mieux écorcés ou débités en rondins de moindres dimensions. Af. Uhr qui a constaté ces résultats sur des conifères donne les chiffres suivants :

	Juillet	Août	Septembre	Octobre
Troncs écorcés	34.53	38.77	39.34	39.62
Troncs avec écorce.	0.41	0.84	0.92	0.98

Ainsi après trois mois, le bois écorcé était arrivé à dessiccation complète à l'air, tandis que celui revêtu de son écorce n'avait pas même perdu 1 0/0 d'eau.

Le bois des plus jeunes branches contient environ deux fois plus d'eau que le tronc et que les branches plus âgées. Par la dessiccation à l'air le volume du bois se réduit de 1/10e et même davantage. Il faut environ deux ans, pour amener les bois débités en rondins à avoir le minimum d'eau, quelque bien séchés qu'ils soient spontanément et par une exposition prolongée à l'air, ils contiennent toujours de 18 à 20 0/0 d'eau ; le bois desséché complètement reprend même cette proportion d'eau en très peu de temps. Dans ces conditions on peut admettre les chiffres suivants comme poids du stère.

Pour les bois durs	400 à 500 kilogr.
— — résineux	300 à 400 —
— — blancs	200 à 300 —

Les chiffres supérieurs s'appliquent aux cas de croissance lente.

Voici les données, d'après Berthier et Sauvage, qui justifient ces moyennes :

Bois séchés à l'air contenant de 20 à 25 0/0 d'eau.

Chêne en gros rondins	450 à 480 kilogr.	dans le centre de la France.
	500 à 525 kilogr.	dans les terrains calcaires du midi de la France.
Hêtre en rondins	440 à 480 kilogr.	
— en branchages	300 a 340 —	
Sapin rouge des Alpes en rondins	300 à 340 —	
Pin Sylvestre	330 à 380 —	
Bouleau	300 à 350 —	
Peuplier noir	221 —	
— blanc	200 —	

Bois verts contenant de 30 à 40 0/0 d'eau.

Hêtre en rondins	540 kilogr.
Taillis de bois dur dans la Meuse	375 à 400 —
— tendre mêlé (Ardennes)	300 —

M. Chevandier a trouvé à peu près les mêmes résultats sur le rendement de la partie nord des Vosges (*Annales de physique et de chimie*, 3e série, tome X, page 135 (1844). M Violette a trouvé les résultats suivants, en séchant artificiellement des bois en rondins déjà conservés 2 ans en magasins :

Les pertes furent pour le	Chêne à 125°	de 15,26 0/0	à 150° de 17,95 0/0
	Frêne —	de 14,78	— de 16,19
	Orme —	de 15,32	— de 17,02
	Noyer —	de 15,55	— de 17,43

Il ne faut pas dépasser 125° centigrades, car à 150° le bois commence à s'altérer.

Cendres. Les études les plus sérieuses sur cette question ont été faites par Chevandier, nous lui empruntons les résultats suivants, qui résument 524 incinérations :

	Nombre d'incinérations	Cendres p. 100
Saule	17	2.00
Tremble	59	1.73
Chêne	93	1.65
Charme	73	1.62
Frêne	26	1.38
Hêtre	93	1.06
Pin sauvage	28	1.04
Sapin	46	1.02
Bouleau	89	0.85

Le bois, suivant les parties de l'arbre d'où il provient, et quand l'arbre a un certain âge, contient une proportion variable de cendres, le tronc en renferme le moins, les petites branches le plus. On arrive à la moyenne générale des cendres pour 100 dans tous les bois

Pour le rondinage de jeunes brins. . . .	1.23
— bois de quartier.	1.34
— bois entier de branches.	1.54
— fagots	2.27

Le caractère géologique du sol ne paraît pas avoir une influence marquée sur la proportion des cendres, pour les bois durs au moins.

Les analyses les plus importantes sur les cendres ont été faites par Witting, Bœttinger, Jordan, Berthier, Will, elles ont montré que les cendres contiennent environ 15 0/0 de sel de potasse; 14 à 46 0/0 de chaux et des proportions variables de phosphate de chaux et d'acide sulfurique.

Les cendres de bois secs se composent de sels alcalins solubles dans l'eau et de matières insolubles. Les sels alcalins contiennent de la potasse et de la soude combinée avec l'acide carbonique, de l'acide sulfurique et de l'acide hydrochlorique.

Les matières solubles contiennent de l'acide carbonique, de l'acide phosphorique, de la chaux, de la magnésie, des oxydes de fer, de manganèse et de la silice.

Eléments	Charme	Hêtre	Chêne	Bouleau	Châtaignier	Aulne	Sapin	Ifu
PhO^5HO. . . .	81	46	59	36	15	62	31	9
SO^3HO.	14	12	9	4	15	12	8	16

Ces données n'ont au reste rien de bien constant, il résulte de ces analyses que la composition des cendres dépend en général moins de la nature du bois que du sol sur lequel le végétal s'est développé.

Analyse immédiate ou distillation des bois. On peut, au lieu de déterminer les éléments proprement dits de la matière ligneuse, rechercher les composés formés par la carbonisation ou la distillation des bois. Nous avons vu que lorsqu'on chauffe le bois en vase clos, après 150° centigr. il commence à se décomposer, il brunit d'abord, noircit ensuite en perdant successivement de l'eau, de l'esprit de bois, des huiles légères, de l'acide pyroligneux et du goudron, puis, vers la fin, principalement, de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique.

Composition des gaz que perdent les bois au commencement et à la fin de la distillation.

	Commencement	Fin
CO^2.	44.9	29.2
CO.	36.8	24.9
H.	16.8	44.2
Azote et pertes.	1.5	1.7

En augmentant la température jusque vers 350 et 400°, il reste finalement un produit solide noir, le charbon de bois, qui pourtant n'est pas formé de carbone pur; il retient, même calciné à une très haute température, de l'hydrogène et quelque peu d'oxygène.

Les proportions relatives des divers produits varient moins avec les essences qu'avec le mode de procéder: si la chaleur est faible et surtout lentement croissante, on aura beaucoup de charbon et peu de gaz, tandis qu'une chaleur intense brusquement appliquée laisse moins de charbon, donne aussi moins d'acide pyroligneux et d'hydrocarbures liquides (huiles ou goudron), mais fournit davantage de gaz. En carbonisant lentement du bois à 20 0/0 d'eau, dans une cornue de verre ou de grès, jusque vers 400 à 500° on obtient les résultats suivants :

Charbon de bois.	24 à 23
Acide pyroligneux et eau.	50 à 45
Huiles, goudron et esprit de bois. .	6 à 8
Gaz combustibles	20 à 19
	100 100

Lorsqu'on carbonise, au contraire, rapidement, à haute température, la proportion de charbon peut ne pas dépasser 15 à 18 0/0. Dans les deux cas, le charbon conserve la forme du bois, mais il se contracte et se fissure; la carbonisation rapide donne, d'ailleurs, un produit plus fusible et beaucoup plus fendillé que la distillation graduée.

M. Violette a constaté qu'en carbonisant le bois dans la vapeur sèche et surchauffée à partir de 270°, le résidu solide devient pulvérisable. A 280° le charbon est roux, il contient alors 70 à 73 0/0 de carbone et 4 à 5 0/0 d'oxygène.

Au delà de 280°, le charbon passe graduellement du brun au noir, vers 340 à 350°, le charbon est complètement cuit, tout en retenant encore au moins 10 0/0 de matières volatiles; il est alors noir, brillant et sonore.

COMBUSTIBILITÉ ET PUISSANCE CALORIFIQUE DU BOIS. Lorsqu'ils sont secs, les bois s'enflamment rapidement, ils commencent à brûler vers 300°; à siccité égale, les bois blancs et surtout les bois résineux sont plus inflammables. Ces derniers brûlent plus facilement à cause de leur faible densité et de leur teneur plus forte en hydrogène. Les bois compacts ne brûlent que par la surface, la chaleur se propage dans l'intérieur et dégage les gaz combustibles qui brûlent en totalité dans les commencements, il ne reste bientôt plus qu'un charbon volumineux, compact, se consumant lentement sans flamme. Les bois légers brûlent rapidement, parce que leur porosité permet à l'air d'y pénétrer facilement et qu'ils se divisent sous l'action de la chaleur.

Le pouvoir calorifique varie peu d'une essence à l'autre.

Le pouvoir calorifique de la cellulose est de 3,622 calories, celui des bois absolument secs peut atteindre 4,000 calories, c'est le chiffre que donne la loi de Dulong et les expériences de Rumford et

de Péclet ; mais on ne peut pas compter sur des chiffres aussi élevés.

On ne dépasse guère 2,500 à 3,000 calories, parce que les bois contiennent toujours 20 0/0 d'eau et que, dans les appareils de chauffage, on n'utilise que les 4/5 de la chaleur développée (*Expériences* du docteur Brix, sous la direction de Karten. *Bulletin de l'industrie minérale*, t. I).

A teneur d'eau égale, les bois tendres et surtout les bois résineux ont un pouvoir calorifique qui est plus élevé que celui des bois durs.

De la rapidité de la croissance du bois. Le rendement des taillis est influencé particulièrement par la nature du sol, plus celui-ci est perméable et hygroscopique, plus le rendement est grand. Dans les futaies, l'influence géologique du sol disparaît, la différence s'explique par ce fait que dans les taillis le sol n'est pas aussi bien protégé contre l'action desséchante du soleil que dans les futaies, de sorte que, ne retenant pas aussi longtemps l'humidité nécessaire, la période de végétation est diminuée d'autant. Chevandier a montré que l'influence de l'humidité est très considérable, les sapins plantés sur des terrains marécageux ne poussent que de $1^{k},80$ par an, tandis que sur les terrains secs ils croissent de $3^{k},40$. Si le sol est arrosé par la pluie, l'accroissement est de $8^{k},20$, s'il l'est par les eaux courantes, de $11^{k},60$ par an.

Le maximum de croissance des diverses essences est, d'après Chevandier, de 77 ans pour le chêne ; 80 ans pour le frêne ; 115 ans pour le sapin dans une bonne terre ; 76 ans pour le sapin dans une terre de qualité moyenne. Dans la forêt noire, le charme produit annuellement 2,560 kilogrammes de bois sec par hectare et le sapin 3,903 kilogrammes ; sur le versant occidental des Vosges 3,650 kilogrammes par hectare pour le hêtre. Dans les latitudes voisines de 6°, le diamètre d'un pin de 25 ans n'est que de $0^{m},11$, tandis qu'en France et en Allemagne sur un sol ordinaire, il est le double.

Production. La France produit annuellement, d'après M. Héron de Villefosse, 9,804,928 cordes de 2,75 stères de bois de chauffage, ce qui équivaut à peu près à 84,163,426 francs.

On divise le bois de chauffage en : *bois neuf*, celui transporté au lieu de consommation, par voiture ou par bateau ; *bois flotté*, celui transporté en trains flottants ; *bois pelard*, le bois de chêne écorcé.

Il est rare que le bois soit directement employé comme combustible dans les opérations métallurgiques qui exigent des températures élevées, car la chaleur qu'il rend à l'état ordinaire par la combustion est insuffisante. On le convertit donc généralement en charbon et les essences destinées à être brûlées sont subordonnées à la nature des arbres qui croissent dans le voisinage des usines. On coupe le bois pour les fourneaux à des intervalles qui varient entre 25 à 60 ans, mais pour faire le charbon il est plus avantageux de le couper vers 30 ans.

Coupe et empilage du bois combustible. Les arbres doivent être abattus à maturité et lorsqu'ils ont le moins de sève ; on doit couper le bois de longueur convenable et l'empiler, en laissant des jours pour faciliter la dessiccation. S'il a été débité en longueur, on doit le dépouiller de son écorce, il importe de le défendre des intempéries.

S'il doit être transporté en radeaux, il faut le laisser peu de temps dans l'eau, un séjour trop long est préjudiciable à son emploi comme combustible.

La production annuelle d'un hectare de ligneux varie de 1,500 à 4,000 kilogrammes. — V. Bois. Charbon de bois.

TOURBE

La tourbe est le produit de l'altération qu'éprouvent diverses espèces de plantes, sous l'influence de la chaleur ou de l'humidité ; on en rencontre des amas considérables dans les endroits bas et marécageux, sur le bord des rivières dont le cours est très lent, ou bien sur les plateaux élevés formés de roches peu perméables ; dans les plaines basses son épaisseur dépasse parfois 12 mètres.

Les tourbes abondent en Angleterre et en Irlande, dans le nord et le centre de la France, sur les bords de la Somme, de l'Oise et de l'Aisne ; on en trouve beaucoup en Bavière. La tourbe est d'origine toute moderne, elle se forme sous nos yeux ; la tourbe d'Europe provient surtout de mousses, mais il est certain que beaucoup de tourbières sont situées sur l'emplacement de forêts disparues ; on trouve souvent, en effet, des troncs d'arbres de grandes dimensions, ensevelis dans la masse tourbeuse.

Plus la tourbe est située profondément, plus sa structure est condensée et modifiée, il reste néanmoins assez de traces de cette structure pour qu'on puisse facilement la distinguer. La tourbe peut être plus ou moins fibreuse ou terreuse, suivant les différentes périodes de décomposition, à cause des plantes entremêlées qui y entrent ; elle se compose des mêmes éléments que le tissu ligneux, avec des proportions variables d'eau et de matières inorganiques ; certaines tourbes contiennent jusqu'à 80 0/0 d'eau.

Cendres. Les cendres de la tourbe ne proviennent pas seulement du végétal lui-même, elles résultent surtout des matières limoneuses, amenées par les eaux pluviales. Ces dépôts sont surtout abondants au fond des vallées, aussi ces dernières tourbes sont-elles toujours moins pures que celles provenant des hauts plateaux. La composition des cendres est variable avec la nature des terrains qui avoisinent les lieux de formation ; dans les pays calcaires, elles se composent presque exclusivement de carbonate de chaux et d'argile, tandis que dans les contrées formées de grès ou de roches primitives, elles sont sableuses.

Les tourbes se distinguent en tourbes ligneuses ou tourbes compactes et en tourbes herbacées, suivant la nature du végétal d'où elles proviennent et aussi suivant leur état de décomposition.

Les premières sont noires ou brunes foncées, les secondes sont spongieuses ou d'un brun clair. Dans les premières, on ne distingue plus que les tiges ou les troncs les plus forts ; dans les secondes, on reconnaît tous les débris de végétaux.

Les premières sont plus denses, pressées qu'elles

sont par leur propre poids ou par les boues limoneuses qui les recouvrent. On voit alors que la densité des tourbes est très variable et qu'elle dépend du degré de siccité, de la proportion de cendres et de l'altération plus ou moins profonde dans le tissu végétal.

La tourbe séchée retient encore de 25 à 50 0/0 de son poids d'eau, en cet état la tourbe herbacée pèse 250 kilogrammes le mètre cube et la tourbe ligneuse de 350 à 400 kilogrammes. On peut sécher complètement la tourbe de 100 à 120°, à un degré plus élevé elle s'altère; à cet état de siccité la tourbe, de même que le bois, est hygroscopique.

La composition moyenne des tourbes pures, sans cendres, séchées en vase clos, vers 100°, est :

Carbone	58 à 63
Hydrogène	6 à 5.5
Oxygène, y compris 1 à 2 0/0 d'azote	36 à 31.5
	100 100

On voit que l'oxygène se trouve en excès sur l'hydrogène.

Le rapport $\frac{O+Az}{H}$ oscille entre 6 et 5.

M. Regnault a trouvé la composition des tourbes suivantes, séchées vers 120° (*Annales des mines*, 1839, vol. XII).

Origine des tourbes	Tourbes sans cendres			Cendres	Observations
	Carbone	Hydrogène	Oxygène et azote		
Tourbe de Vulcaire, près Abbeville (brun noir). . .	60.4	5.96	33.64	5.58	renferme
— de Long, près Abbeville (brun noir).	60.89	6.21	32.90	4.61	2.21 0/0
— de Fromont (Vosges) un peu moins altérée.	61.00	6.05	32.50	5.33	d'azote

M. de Marsilly a trouvé des résultats un peu différents de ceux-ci : Les cendres renferment, outre les matières amenées par les eaux pluviales, de la pyrite de fer, des sulfates de chaux, des phosphates de fer ou de chaux, du soufre, du sulfure de carbone qui donne une odeur infecte. Lorsque la distillation est poussée jusqu'à 350°, il reste du charbon de tourbe.

Le pouvoir calorifique varie en raison inverse des proportions d'eau et de cendres, les tourbes sèches et pures développent plus de chaleur que le bois, à cause de leur teneur en carbone qui est plus élevée.

On n'admet guère plus de 3,000 à 3,500 calories pour le pouvoir calorifique de la tourbe du commerce, d'après les expériences du docteur Brix, bien qu'on trouve, pour pouvoir calorifique théorique, 4,500 calories environ.

Pour que la tourbe soit employée, il faut qu'elle ait subi une préparation; on lave d'abord la tourbe dans une eau un peu acidulée pour épurer, et on la soumet à une pression assez forte pour en faire des briquettes. On l'emploie aussi directement, quand la boue qu'elle forme est assez ferme, on obtient alors des briquettes en la coupant en formes rectangulaires. Lorsqu'elle a peu de consistance, on l'exploite au moyen de dragues et on moule la matière tourbeuse comme des briques ordinaires. La dessiccation de la tourbe se fait dans des appareils analogues à ceux employés pour le bois ; il ne faut pas que la température s'élève trop, car elle devient pyrophorique, la tourbe contient en effet de l'hydrogène libre tandis que le bois n'en contient pas. — V. CHARBON DE TOURBE.

Combustibles minéraux ou combustibles fossiles : *Houille, lignite, anthracite.*

HOUILLE.

HISTORIQUE. On cite la houille pour la première fois en Angleterre, vers 853, mais comme simple particularité géologique et sans en apercevoir un emploi utile. Ce n'est que vers le milieu du XIIe siècle qu'elle commence à servir aux usages domestiques en Angleterre, et à la fin du même siècle en Belgique. A ce moment les houilles étaient depuis longtemps utilisées en Chine, mais elles étaient complètement inconnues dans le sud de l'Europe. A la fin du XVIe siècle, son emploi était si commun en Angleterre et à Londres en particulier, que la reine Elisabeth, morte en 1603, et Edouard Ier rendirent des *acts* pour interdire l'emploi de ce combustible qui, disait-on, empoisonnait l'air; en 1649, la cité de Londres fit une pétition contre ces arrêts.

La houille ne servit d'abord, et en quantité restreinte, qu'aux usages domestiques, elle n'acquit son importance actuelle que lorsqu'on posséda sur sa nature et ses conditions de gisement des notions scientifiques qui permirent de rechercher et d'exploiter les filons de cette précieuse substance. La consommation ne se développa d'ailleurs qu'avec son emploi dans les hauts fourneaux, vers 1713, et plus tard pour les machines à vapeur.

Les *lignites* n'ont été trouvés et utilisés que postérieurement à la houille, enfin les grands gisements d'anthracite de la Pensylvanie furent découverts accidentellement par des chasseurs.

La houille provient de la décomposition des matières végétales dans des circonstances spéciales ; elle offre tous les degrés de décomposition, depuis le lignite, dont quelques variétés ressemblent au bois par leur aspect et leur composition, jusqu'à l'anthracite, qui consiste presque entièrement en carbone et qui ne rappelle en rien le bois. En analysant les houilles, on peut facilement saisir le passage du tissu ligneux à l'anthracite et suivre toute l'échelle. Une série d'analyses montre que la proportion de carbone augmente, tandis que les proportions d'hydrogène et d'oxygène décroissent depuis le bois jusqu'à l'anthracite. L'azote étant associé au tissu ligneux se rencontre toujours dans la houille dans une proportion variant entre 1 et 2 0/0.

La houille contient souvent du soufre, qui s'y trouve à l'état d'acide sulfurique combiné avec une base, soit avec le fer à l'état de pyrite ou de bisulfure de fer, soit en combinaison avec les éléments organiques de la houille ; dans ce cas, une

portion de soufre se dégage à l'état d'acide sulfhydrique, et l'autre à l'état de bisulfure de carbone.

Toutes les houilles renferment plus ou moins d'eau, qui se dégage à 100° centigrades ou un peu au-dessus ; une houille parfaitement sèche en apparence peut perdre à la dessiccation jusqu'à 20 0/0 d'eau.

La houille contient, enfin, une proportion notable de matières inorganiques, qui représentent les cendres et qui sont : la silice, l'alumine, la chaux, le fer.

Ce qui caractérise surtout les divers combustibles, c'est le rapport de l'hydrogène à l'oxygène, ainsi que la proportion du charbon laissé par distillation. Dans les lignites et les bois fossiles $\frac{O+Az}{H}$ est compris entre 6 et 5; dans les houilles $\frac{O+Az}{H}$ descend de 4 jusqu'à 1. Tandis que la proportion du charbon monte de 0,50 à 0,90; enfin dans les anthracites $\frac{O+Az}{H}$ est égal ou au-dessous de 1 et le résidu charbonneux dépasse 0,90.

La valeur relative des divers combustibles minéraux dépend de circonstances assez variées. Ce sont surtout le pouvoir calorifique, la proportion d'eau et de matières terreuses, et la façon de se comporter au feu; les uns fondent ou se ramollissent, d'autres décrépitent et tombent en poussière ; les meilleurs se consument sans changer de forme.

Le pouvoir calorifique qui est l'élément prépondérant de la valeur d'un combustible, dépend surtout de la proportion de charbon fixe que laisse la distillation.

Une autre propriété qui a une très grande valeur est la cohésion ; le charbon friable donne naturellement beaucoup de menu.

Pour mesurer la friabilité d'un charbon, le docteur Brix indique la méthode suivante : On met dans un tonneau monté sur un axe horizontal un poids donné du combustible à essayer, en fragments à peu près égaux, on imprime au tonneau une certaine vitesse et, au bout de 50 tours, on crible toute la masse plus ou moins broyée ; on rapporte au total 100 les proportions relatives du gros qui ne passe pas au crible de 1 pouce ; la noisette ne passe pas au travers, ce qui traverse le crible s'appelle le *menu*. On a trouvé ainsi que les lignites laissaient 92 à 97 0/0 de gros; les anthracites, 86 à 88 ; les houilles de Haute-Silésie et de Saarbruck, plus de 80 0/0 ; celles de Westphalie, moins de 70 et de 60 0/0.

Les lignites secs sont les combustibles les moins friables ; les houilles viennent ensuite ; la friabilité augmente d'autant plus que la proportion de carbone croît dans les houilles, aux dépens de l'oxygène ; enfin la cohésion ou tenacité augmente lorsqu'on arrive aux anthracites, c'est-à-dire lorsque l'hydrogène diminue en même temps que l'oxygène.

La composition des combustibles minéraux est d'autant plus rapprochée de celle du bois et de la tourbe que le terrain dans lequel ils sont enfouis est plus moderne.

Sous ce double rapport de l'âge et de la composition, on peut distinguer trois classes de combustibles minéraux : les *lignites*, les *houilles*, les *anthracites*.

Les lignites correspondent, en général, aux terrains quaternaires, tertiaires et secondaires supérieurs. Les *houilles*, aux terrains inférieurs et surtout aux terrains primaires supérieurs. Les *anthracites*, aux dépôts paléozoïques inférieurs.

LIGNITE

Le mot *lignite* est appliqué aux minerais carbonifères d'origine plus récente que les couches houillères véritables; on trouve en effet le lignite entre les terrains tertiaires de formation ancienne et ceux de formation plus récente, en relation intime avec les soulèvements basaltiques ; ils peuvent néanmoins se confondre avec les houilles bitumineuses par leurs caractères physiques et leur composition chimique.

La structure du lignite est fibreuse comme le bois, terreuse ou compacte ; sa cassure est conchoïde, semblable à celle du bois, ou inégale ; sa couleur varie du brun au brun foncé et au noir. Son éclat est terne, brillant ou gras ; il n'est généralement pas collant, il ne tache pas les doigts; sa densité varie de 1,2 à 1,4 ; sa composition se rapproche plus de celle du bois que de celle de la houille bitumineuse ; il se distingue des autres espèces de houille par la grande proportion d'eau qu'il retient, 15 à 20 0/0 et même davantage, après un séjour prolongé à l'air à la température ordinaire.

On classe le plus généralement les lignites en se basant sur leurs caractères extérieurs. On a alors : *les bois fossiles*, qui sont des combustibles minéraux dont la structure ligneuse est apparente; ce sont des troncs d'arbres aplatis et brunis par un long séjour dans la terre ; ils diffèrent peu de ceux que l'on rencontre dans les tourbières ; on peut les couper à la hache et les brûler comme le bois. (La Tour-du-Pin, (Isère) et dans le département de l'Ain). Si l'altération est plus avancée, la structure ligneuse tend à disparaître, l'oxygène diminue, ce sont les *bois bitumineux*.

La densité varie de 0,5 à 1,3 et 1,4 ; le chiffre inférieur correspond au bois fossile sec et pur.

Composition des bois fossiles secs.

Carbone.	57 à	67	Les premiers chiffres correspondent aux bois fossiles ; les seconds aux bois bitumineux.
Hydrogène.	6 à	5	
Oxygène et azote. .	37 à	28	
	100	100	

Le bois fossile laisse. . . . . 35 à 40 0/0 de charbon.
— bitumineux. . . . . 45 à 50 — —

Le pouvoir calorifique du bois bitumineux est d'environ 6,300 calories (échantillons de Bohème); celui du bois fossile ne dépasse jamais 5,500 calories ; celui-ci est en dessous à cause des cendres et de l'eau qu'il renferme.

Les lignites terreux sont au bois fossile ce que la tourbe est au bois sur pied, ils représentent les tourbes de l'époque tertiaire ; ils forment une masse tendre, sans structure ligneuse, pulvéru-

lente à l'état sec, d'une couleur variant du jaune clair au brun noir foncé.

On peut les utiliser comme combustible lorsque les cendres sont peu abondantes, mais il faut les transformer en briquettes, comme pour les tourbes molles (Prusse). Dans le Soissonnais, le lignite est trop terreux pour être brûlé : on l'utilise dans le but de faire des cendres pour l'amendement des terres ou pour la peinture des bâtiments : couleur brune, terre d'ombre.

Les lignites secs. Le lignite sec proprement dit est un combustible brun foncé ou noir, dur, sonore, tenace, à cassure unie, terne plutôt que brillant; sa densité varie de 1,20 à 1,25; un mètre cube pèse environ 700 kilogrammes ; il brûle avec une flamme fuligineuse répandant une odeur désagréable ; il ne renferme que 5 à 10 0/0 d'eau ; il contient moins de pyrite que la houille ; on y trouve quelquefois du soufre non combiné au fer.

Après distillation, la proportion du charbon en résidu est de 40 à 50 0/0; le pouvoir calorifique, sans cendres ni eau, est compris entre 6,500 et 7,000 calories.

Les lignites gras ou bitumineux sont à cassure unie ou conchoïdale ; ils sont moins durs ; leur densité est comprise entre 1,15 et 1,20 ; leur éclat est plus vif et plus gras ; ils sont inflammables, très fuligineux ; en brûlant, ils se ramollissent et se fondent souvent ; la distillation donne un coke très volumineux rempli de cellules, comme la pierre ponce ; le charbon fixe n'atteint que 30 0/0 de lignite pur.

Ils sont moins répandus que les lignites secs ; on y trouve jusqu'à 7 et 8 0/0 d'hydrogène ; ils renferment 1 à 2 0/0 d'eau. Le pouvoir calorifique peut atteindre 7,500 calories.

On en trouve en France, aux environs de Manosque, où on le qualifie de *Rocher bleu*, et en Bohême. Les dépôts les plus importants sont ceux de Bavière et du Tyrol.

Teneur en cendres. Les cendres forment, dans la plupart des lignites, une proportion plus considérable que dans les houilles, mais, d'ailleurs, très variable, Karsten trouva dans les charbons du Rhin une proportion variant entre moins de 1 0/0 jusqu'à 58 0/0.

Les lignites qui renferment plus de la moitié de leur poids d'éléments inorganiques ne sauraient avoir aucune valeur comme combustible. Les cendres sont composées principalement de silice, d'oxyde de fer, d'alumine, de chaux et d'acide sulfurique ; on y trouve également, mais en moindre quantité, de la magnésie, de la potasse, de la soude et du chlore.

Par suite du mode de formation des lignites, il est clair que leur teneur en cendres doit être répartie d'une façon très inégale. A ce sujet, on doit consulter les expériences de Cassèlmann, d'après lesquelles la proportion des cendres est d'autant plus élevée que le lignite s'éloigne plus du bois.

Les lignites servent pour les évaporations, le chauffage des chaudières, la cuisson des chaux et des briques, enfin pour le chauffage domestique. Leur température de combustion est peu élevée.

Les lignites se présentent à l'état compact et à l'état terreux : dans le premier cas ils ont la plus grande analogie avec la houille sèche, qu'ils remplacent pour la plupart des usages qui ne réclament pas les propriétés des houilles grasses sur les grilles.

Le coke du lignite est pulvérulent.

ANTHRACITE

On désigne sous le nom d'*anthracite* une variété de houille extra-maigre, dans laquelle la transformation des principes organiques est arrivée à peu près à sa phase extrême. Les anthracites sont toujours entièrement dépouillées de restes végétaux, très homogènes et sans mélange de houille fibreuse. Leur couleur est d'un noir grisâtre ; leur éclat est vitreux, très vif, irisé ; leur cassure est nette et franche, et elles offrent un haut degré de dureté et de cohésion. Telles sont celles de Pensylvanie, du pays de Galles et de la Mayenne, en France. Il en est d'autres qui sont plus ou moins schisteuses et friables ; ce sont les anthracites terreuses.

La transformation de la houille en anthracite concorde, dans certains cas, avec l'âge géologique de formation. Dans d'autres circonstances, le passage de la houille à l'anthracite paraît dû à d'autres causes encore mal déterminées.

Ainsi, dans le pays de Galles, on peut suivre dans un même filon et en allant de l'Ouest à l'Est, toutes les successions d'états, depuis la houille jusqu'à l'anthracite parfaite.

On a enfin remarqué que les anthracites étaient souvent un produit de décomposition des houilles par la chaleur, le résultat d'une calcination, qui s'expliquerait par l'irruption, dans les gisements de houilles, de roches en fusion. Il en est ainsi en Savoie, dans le Briançonnais.

La densité des anthracites purs est de 1,40 et le poids du mètre cube en morceaux varie de 900 à 950 kilogrammes, mais lorsque les cendres abondent, la densité peut atteindre 1,60 à 1,80 et le poids du mètre cube peut dépasser 1,000 kilogrammes. Les anthracites s'enflamment difficilement et ne brûlent avec une flamme faible, peu vive et rougeâtre, qu'en fragments entassés sur une certaine hauteur ; les morceaux isolés s'éteignent rapidement. La texture spéciale de ce combustible et sa faible conductibilité pour la chaleur ont pour résultat que, sous l'action du feu, il tend à décrépiter et à se diviser en petits fragments.

Ce défaut diminue sa combustibilité et rend son emploi plus difficile ; à la calcination, les fragments ne se ramollissent pas, ni ne changent d'éclat, mais souvent, par suite de la décrépitation, ils sont réduits en grains anguleux de faibles dimensions. La calcination ne donne, en outre, ni eau ni bitume.

La composition élémentaire d'après Grüner est comprise entre les limites données par les chiffres suivants :

Carbone	93	à	95
Hydrogène	4	à	2
Oxygène et azote	3	à	3
	100		100

Le rapport $\frac{O+Az}{H}$ varie depuis 1 jusqu'à 0,50.

La calcination donne comme produits moyens.

Coke pulvérulent.	90 à	92
Gaz.	10 à	8
	100	100

matières volatiles 10 à 8.

Le pouvoir calorifique est compris entre 9000 et 9300 calories. D'après les essais faits en Angleterre et en Amérique, les anthracites peuvent vaporiser quand elles sont pures, environ 9 kilogrammes d'eau. C'est à peu près le même chiffre que les houilles maigres.

Les variétés qui ne décrépitent pas, à la première impression du feu en se réduisant en petits fragments, sont employées dans le pays de Galles pour les hauts fourneaux ; aux Etats-Unis d'Amérique on en fait une consommation immense pour les foyers domestiques et les chaudières. En Europe on ne les emploie que pour la cuisson de la chaux et des briques.

Les anthracites abondent en France surtout dans le terrain houiller des Alpes, dans le Maine et l'Anjou ; elles sont dures et tenaces, à Lamure près Grenoble ; friables et broyées, dans le Briançonnais.

Les anthracites passent enfin aux graphites qui renferment également un peu d'hydrogène, mais pas d'oxygène, Regnault a trouvé dans un graphite du Canada 1,34 0/0 d'hydrogène, dans un graphite de Sibérie 0,60 0/0, dans le charbon ou graphite de Cannes 0,76 0/0. (*Annales de physique et de chimie*, 4e Série, tome VII.)

AGGLOMÉRÉS OU BRIQUETTES. Autrefois les menus des mines de charbon formaient de vastes amoncellements dans les alentours des lieux d'exploitation, on n'avait pas encore trouvé le moyen d'utiliser ces débris. Aujourd'hui ces menus, lavés très soigneusement, sont transformés en briquettes à l'aide d'une matière agglomérante que l'on soumet, après malaxage avec les menus lavés, à une compression très énergique dans des machines appropriées à cet effet. Les briquettes en sortent sous la forme de longs rouleaux cylindriques que l'on casse à la longueur que l'on désire, pour en rendre l'arrimage plus facile (Graissessac, St-Etienne, Rive-de-Gier), ou sous celle de parallélipipèdes rectangles, d'un poids déterminé, très faciles à arrimer dans les soutes. (Anzin, La Grand-Combe, Saint-Ambroix, etc.) Parfois, pour faciliter les chargements dans les fourneaux, sans avoir à casser les morceaux de charbon avant de les jeter sur la grille, on moule les menus sous la forme d'un œuf d'une taille ordinaire (Amérique).

Par l'agglomération, on peut restituer à la houille certaines qualités qui lui manquent ; ainsi à un charbon maigre, on ajoutera une plus grande quantité de brai, pour un charbon gras, on diminuera cette quantité, etc.

Un charbon sale sera dépouillé par le lavage des schistes ou autres matières terreuses.

Les principales conditions imposées pour la réception des briquettes, soit pour la marine, soit pour les chemins de fer, sont les suivantes : 1° La puissance calorifique doit être au moins égale à celle du charbon en roches d'où elles proviennent; 2° Elles ne doivent pas se ramollir en les soumettant à une température de 60° ; 3° Elles ne doivent pas se réduire en poussière lorsqu'on les casse; 4° Elles doivent brûler sans répandre aucune mauvaise odeur dans les chambres de chauffe; 5° Leur teneur en cendres ne doit pas être supérieure à celle du charbon.

Les agglomérés d'Anzin et de Vicoignes, Nœux, ont une puissance calorifique au moins égale à celle des bons charbons anglais ; on emploie les premiers pour faire les essais des machines à vapeur marines, ils vaporisent plus de neuf litres d'eau par kilog. dans les chaudières ordinaires.

Dans certaines mines, on transforme les menus lavés en coke, par la calcination dans les fours. — V. CHARBONS MOULÉS.

Combustibles produits par la carbonisation. Ces combustibles sont : le *charbon de bois*, le *charbon roux*, le *charbon moulé*, le *charbon de Paris*, le *charbon de tourbes*, le *coke*. — V. ces différents mots.

GAZ COMBUSTIBLES.

Oxyde de carbone. Les gaz qui s'échappent des hauts fourneaux contiennent une forte proportion d'oxyde de carbone, que l'on peut diriger à une certaine distance et utiliser comme combustible sous les chaudières à vapeur ou ailleurs. On sait comment ce gaz naît de l'action de l'air atmosphérique sur le charbon surchauffé au rouge vif, c'est la condition que remplissent les fourneaux à vent. Les procédés usités en Angleterre et sur le continent pour utiliser l'oxyde de carbone consistent en fours spéciaux.

Hydrogène. On a employé l'hydrogène mêlé à l'oxyde de carbone dans les hauts fourneaux, en faisant passer de la vapeur d'eau à haute pression dans des cornues en fonte remplies de coke au rouge vif. Ce mélange gazeux fut appliqué pour la première fois près de Birmingham, par John Dawes. Il faut consommer une grande quantité de combustible pour maintenir le coke au rouge vif, afin d'avoir un courant de gaz abondant et continu.

Hydrocarbures. Ces gaz se produisent toujours lorsqu'on brûle du bois, des lignites ou des houilles bitumineuses, la flamme du four à réverbère est due à leur combustion.

Il y a dans l'industrie des cas nombreux, dans lesquels on ne saurait employer les combustibles solides, tandis que les gaz de leur distillation sont d'un excellent usage. Ce fait se produit lorsqu'un combustible minéral est trop divisé, ou lorsqu'il renferme des matières nuisibles (soufre, phosphore, etc.). L'idée de ramener le combustible sous forme gazeuse avant de l'employer, présente donc un intérêt tout spécial, proposé dès 1812, par Aubertot, et appliqué en 1830, par Lampadius à Freyberg; depuis elle est complètement entrée dans la pratique, surtout depuis la création des *fours à réchauffer* ou à souder, système Siemens, Martin, etc. — V. GAZOGÈNE, RÉGÉNÉRATEUR.

COMBUSTIBLES LIQUIDES.

Parallèlement aux combustibles minéraux la terre renferme, sur divers points du globe, un autre ensemble de combustibles hydro-carburés, que l'on pourrait appeler la série du pétrole par opposition à la série houillère; nous ne nous occuperons que du pétrole proprement dit.

Le pétrole, dont l'importance dans les arts est devenue considérable depuis 20 ans, produit en brûlant 10,000 calories et dépasse ce chiffre lorsqu'il est distillé. Dans les pays où son prix est peu élevé, on s'en sert pour le chauffage des chaudières à vapeur et de divers appareils. En Amérique on l'injecte dans les hauts fourneaux à fer comme agent combustible et réducteur. Dans les fours Deville, le pétrole produit sans peine la chaleur que réclame la fusion de l'acier.

Le pétrole diffère des houilles par la proportion élevée de l'hydrogène qui atteint 12 à 15 0/0 ; son exploitation est très répandue en Amérique (Pensylvanie) et sur le bord de la mer Caspienne, en Europe. — V. PÉTROLE.— P. E.

— V. GRÜNER : *Traité de métallurgie;* PERCY : *Traité de métallurgie;* KNAPP : *Chimie technologique;* JORDAN, BURAT, VINCENT et A. PAYEN.

COMBUSTION. Etat d'un corps soumis à une décomposition résultant d'une combinaison chimique, pendant laquelle il se dégage du calorique et de la lumière. Le phénomène de la combustion est resté inexpliqué jusqu'à Lavoisier ; avant lui on savait seulement que l'air était aussi indispensable à la combustion qu'à la respiration, parce qu'on avait remarqué qu'en interdisant l'accès de l'air tout feu s'éteignait.

Toute combinaison chimique est le résultat d'un choc d'atomes de natures différentes, attirés les uns vers les autres par leurs affinités mutuelles; lorsque des molécules d'oxygène prennent part à ce choc, il en résulte un frottement énergique qui produit de la chaleur ou de la lumière, et par suite la combustion. Pour qu'un corps brûle, il ne suffit pas qu'il y ait contact entre les molécules, il faut en outre qu'il y ait conflit et choc entre elles; c'est là ce qui explique pourquoi la combustion se ralentit lorsqu'on diminue le tirage d'une cheminée, et pourquoi elle augmente dans le cas contraire.

Certains corps donnent lieu à une combustion lente, lorsqu'ils sont abandonnés à l'air; le phosphore par exemple dégage des lueurs sans chaleur pour ainsi dire. L'air humide, par la combinaison de son oxygène avec du fer, transforme celui-ci en protoxyde de fer (*rouille*), ce qui est une véritable combustion à laquelle on a donné le nom d'*oxydation*. Les corps propres au maintien d'une combustion active sont composés principalement de carbone et d'hydrogène ; par l'union de leurs molécules constituantes avec l'oxygène de l'air atmosphérique, ils se décomposent en dégageant une plus ou moins grande quantité de chaleur que l'on utilise pour les multiples besoins de la vie et des arts industriels.

Ces corps sont appelés *combustibles*. — V. l'art. précédent.

Parmi les combustibles, celui qui joue le rôle le plus important est sans contredit la *houille*, substance provenant de la condensation des matières végétales pendant les milliers de siècles qui se sont écoulés jusqu'à l'époque actuelle, et que l'on trouve répandue dans presque tous les états du globe, en gisements plus ou moins considérables, dont la situation varie, depuis l'affleurement à la surface jusqu'aux couches les plus profondes atteintes jusqu'à présent. Il n'existe pour ainsi dire pas une seule industrie qui ne se relie directement ou indirectement à l'emploi de la houille, l'étude de sa combustion offre donc un grand intérêt, nous allons entrer dans quelques détails à ce sujet.

La combustion de la houille s'opère de deux manières différentes, en vase clos ou en vase ouvert. Dans le premier cas, qui n'est en résumé qu'une distillation, on a en vue l'utilisation des produits gazeux ou solides provenant de la décomposition. Dans les usines à gaz, le produit principal est le gaz qui sert à l'éclairage public ou privé, et au chauffage ; les produits dérivés sont : le *coke*, le *charbon de cornues*, le *goudron minéral* ou *coaltar* et les *huiles empyreumatiques* desquelles, grâce aux progrès de la chimie, on est parvenu à extraire les éclatantes couleurs qui ont été substituées, depuis quelques années seulement, à celles qu'on n'obtenait qu'au prix de travaux longs et dispendieux. Dans les fours à coke, la combustion de la houille donne pour produit principal le coke et pour produits dérivés : les gaz combustibles, dont une partie est généralement utilisée pour le chauffage des chaudières à vapeur voisines des batteries des fours ; les eaux ammoniacales, le goudron et le noir de fumée dont on tire un profit ultérieur.

Lors de la combustion en vase ouvert, on a pour but la meilleure utilisation possible de la quantité de chaleur emmagasinée dans la houille, à l'état *potentiel*, et rendue libre par sa décomposition, soit pour des usages domestiques, pour les travaux métallurgiques ou pour le chauffage des chaudières à vapeur. Dans le chauffage direct, les produits de la combustion n'ont généralement aucune valeur, on les laisse échapper dans l'atmosphère ou on les rejette comme rebuts épuisés. Dans le cas de chauffage indirect, ce sont au contraire les produits gazeux que l'on recueille pour les appliquer, en les mélangeant avec l'air atmosphérique, au chauffage des fours pour la métallurgie ou pour la verrerie.

Les gaz chauds qui se dispersent par une cheminée comprennent généralement : 1° les produits proprement dits de la combustion ; 2° l'azote contenu dans le volume d'air dont l'oxygène a été absorbé pour la formation de ces produits ; 3° le plus souvent des parties encore combustibles ; 4° d'air, dont une partie de l'oxygène ne s'est pas combinée avec ces parties et dont l'autre portion se trouve en excès par rapport à la quantité strictement nécessaire à la combustion; 5° de matières incombustibles entraînées mécaniquement par le tirage. L'ensemble du courant gazeux porte le nom de *fumée* ; celle-ci est plus ou moins colorée sui-

vant la quantité plus ou moins grande de particules de carbone ou de cendres entraînées qui la teintent. La fumée se produit surtout au moment où l'on vient de charger la grille, la couche de charbon est alors à son épaisseur maximum, la grille est obstruée et il ne passe plus entre les barreaux qu'une quantité d'air trop faible; en outre le charbon frais n'acquiert pas immédiatement la température nécessaire pour être en ignition, la combustion est donc imparfaite et le courant gazeux emporte avec lui une grande quantité de particules non brûlées, à l'état d'oxyde de carbone ou d'hydrogène plus ou moins carboné, gaz invisibles de leur nature, mais qui se présentent, en se refroidissant, sous la forme de poussière de carbone.

Plus une houille est grasse, plus elle contient d'hydrogène à l'état bitumineux et plus la fumée est abondante. Le coke, qui n'est en somme qu'une houille dépouillée de son hydrogène, brûle sans fumée, lors même que sa combustion est imparfaite. L'absence de fumée, ou sa teinte plus ou moins accentuée, n'est pas un indice absolu d'une combustion parfaite. Les gaz combustibles, oxyde de carbone et d'hydrogène sont incolores de même que ceux incombustibles, azote et acide carbonique, et comme il suffit de très peu de carbone délayé dans le courant pour les teinter, on ne peut conjecturer absolument à la vue d'une fumée de la perfection de la combustion.

A quelque point de vue que l'on se place, soit à celui de la bonne utilisation du combustible, soit à celui des inconvénients de tous genres que présente la fumée, il est toujours préférable de la diminuer le plus possible. Nombre d'inventeurs ont essayé une foule d'agencements dans ce but; de tous ces systèmes nous n'en décrirons ici qu'un seul, d'application toute récente.

Porte Howatson. Cette porte, qui a pour but de fournir une quantité d'air maximum au moment où l'on vient de charger la grille et de la diminuer graduellement, à mesure que l'ignition a lieu, fonctionne automatiquement et conséquemment sans exiger aucune surveillance de la part du chauffeur. La porte dite *fumivore* est toujours d'un seul battant; elle est percée d'une ouverture longitudinale inclinée à 45°, obstruée par un volet dont le jeu est commandé par une tige rivée à un godet qui a un mouvement de piston dans un récipient. Le godet est rempli de mercure jusqu'à affleurer le dessous d'un plongeur fixe dont le récipient est muni. Dans le mouvement d'ascension du godet, le mercure qu'il renferme est refoulé contre le plongeur fixe; il déborde autour du godet et vient se loger au fond du récipient; le godet flotte alors à la surface du mercure et le poids du volet se trouve équilibré. Pour que la fermeture graduelle et régulière s'effectue dans un laps de temps déterminé, un petit trou est pratiqué dans le fond du godet; le poids du volet fait passer le mercure par ce trou et le godet revient à sa position primitive, entraînant le volet jusqu'à la fermeture de la prise d'air.

Les gaz dégagés par la houille ne reçoivent ainsi que la quantité d'air nécessaire à leur combustion.

D'après divers expérimentateurs, il ne se produit de panaches de fumée que pendant la demi-minute qui suit le chargement.

Les produits solides dérivés de la combustion proviennent des matières schisteuses, terreuses ou calcaires que contiennent la plupart des houilles, en proportions plus ou moins grandes. Ces produits, auxquels on donne en bloc le nom d'*escarbilles*, se composent des cendres qui s'écoulent à travers des barreaux, des *mâchefers* ou *scories* qui s'étendent en nappe sur la grille en interceptant le passage de l'air, ce qui entraîne l'obligation de rétablir les vides à l'aide d'un outil appelé *crochet*. Lorsque cette nappe a atteint une certaine épaisseur, on procède au *décrassage* complet de la grille avec la *lance* et le *ringard* ou *rouable;* cette opération se renouvelle à des intervalles périodiques dont la durée dépend de la qualité de la houille employée.

Dans les hauts-fourneaux, les mâchefers prennent le nom de *laitiers;* on les recueille, dans quelques usines, pour les transformer, dès la sortie du fourneau, en fils dont on se sert comme matière calorifuge pour envelopper le tuyautage de vapeur, ou en briques de formes appropriées aux usages auxquels on les destine. Le plus souvent, les mâchefers sont rejetés sans emploi.

Enfin, il se produit en outre de la *suie* provenant des matières bitumineuses non brûlées qui tapissent les tubes et les courants de flamme et restreignent ainsi leur section. Pour s'en débarrasser, on procède à l'opération connue sous le nom de *ramonage*. Lorsqu'il n'est pas nécessaire de pousser les feux, on fait un triage des escarbilles et on brûle de nouveau les parties encore combustibles, coke ou débris de charbon qui s'y trouvent mélangés.

Des considérations ci-dessus, il résulte que la combustion décompose les corps, mais ne les anéantit pas, comme on l'a cru pendant longtemps. Si on recueillait tous les produits dégagés, solides ou gazeux, on retrouverait non seulement le poids primitif de la houille brûlée mais, en outre, le poids de l'oxygène absorbé pour former la flamme.

Un gaz, de même qu'un combustible quelconque, solide ou liquide, ne brûle pas seul; il faut qu'il y ait contact entre les surfaces de l'un ou de l'autre et l'air atmosphérique pour qu'il y ait production de lumière. Cette lumière sera d'autant plus vive que la température sera élevée. Au milieu de la flamme d'une bougie, d'une lampe ou d'un bec de gaz, on aperçoit un noyau noirâtre, c'est parce que l'air ne pénètre pas dans cette partie que ce fait a lieu; l'union violente des molécules d'oxygène avec celles du carbone contenu dans les hydrocarbures ne se produit que sur les bords. Un solide peut devenir lumineux par une accumulation de températnres dans sa masse: Le fer, par exemple, revêt successivement les couleurs suivantes :

Rouge naissant à.	525°	Orange foncé à. .	1,100°
Rouge sombre. . .	740°	Orange clair. . . .	1,200°
Cerise naissant. .	800°	Blanc.	1,300°
Cerise.	900°	Blanc suant. . . .	1,400°
Cerise clair. . . .	1,000°	Blanc éblouissant.	1,500°

Les gaz, au contraire, ne deviennent jamais lumineux, quel que soit le chauffage auquel on les assujettit; ils ne brûlent qu'à une température voisine de la chaleur blanche. L'éparpillement de la flamme, sa division en flammèches, abaissent notablement la température.

Voyons maintenant comment s'effectue la combustion de la houille : Les composés d'une houille de qualité moyenne sont : le carbone dans la proportion de 0,82; 0,14 de matières diverses, parmi lesquelles se trouvent l'hydrogène et l'oxygène dans la proportion nécessaire pour former de l'eau; 0,04 d'hydrogène en excès sur cette dernière proportion. Le carbone forme, par son union avec l'oxygène de l'air, l'oxyde de carbone ou de l'acide carbonique, suivant que le poids d'oxygène est dans le rapport de 1,33 ou de 2,66 avec celui du carbone. Le premier de ces gaz est combustible; le second l'est si peu qu'on utilise parfois ses propriétés incombustibles pour l'extinction des incendies.

La combinaison du carbone avec l'hydrogène fournit de nombreux composés, parmi lesquels nous distinguerons l'hydrogène protocarboné et l'hydrogène bicarboné, que l'on nomme aussi gaz *oléfiant*. Le premier contient, en poids, 1 partie d'hydrogène pour 3 parties de carbone, et le second, 1 d'hydrogène pour 6 de carbone.

L'hydrogène plus ou moins carboné n'est autre chose que le gaz d'éclairage. Dans certaines mines et même dans les soutes à charbon des navires à vapeur, il peut y avoir dégagement de ce gaz, ce qui donne naissance au *grisou*, dont les explosions accidentelles ont trop fréquemment de si horribles conséquences.

Combustion spontanée de la houille. Parmi les matières étrangères que contiennent certaines houilles, on rencontre souvent des *pyrites* de fer ou de cuivre, que l'on trouve disséminées dans la masse sous forme de paillettes blanchâtres peu apparentes ou jaunâtres éclatantes.

Ces pyrites sont des sulfures de fer ou de cuivre qui, sous l'influence de l'air humide, se décomposent en sulfates, ce qui donne lieu à une expansion qui fait tomber le charbon en poussière. Cette transformation est même parfois accompagnée d'un dégagement de chaleur suffisant pour déterminer une combustion *spontanée*. La présence de toute pyrite dans le charbon de terre est très nuisible. Dans le chauffage des chaudières, le soufre de la pyrite se décompose en acide sulfureux, qui corrode les parois; lorsqu'on s'en sert pour la forge, le soufre s'allie au fer et le rend cassant, ou il s'interpose entre les lèvres d'une soudure et rend celle-ci défectueuse.

L'air atmosphérique est composé, comme chacun le sait, d'oxygène et d'azote, plus d'un peu d'acide carbonique et de vapeur d'eau.

En volume, les proportions sont : oxygène, 20,8; azote, 79,2.

En poids, les proportions sont : oxygène, 23; azote, 77.

Formons un petit tableau dans lequel nous inscrirons quelques-unes des qualités des gaz se rattachant à la combustion :

	Densité	Couleur de la flamme	Chaleur spécifique	Puissance calorifique
Air	1	»	0.23741	»
Oxygène	1.016	»	0.21751	»
Azote	0.97	»	0.24380	»
Oxyde de carbone.	0.97	bleue.	0.24500	2488
Acide carbonique.	1.5	»	0.21690	»
Hydrogène	0.07	blanchâtre.	3.4090	34742
Hydrogène protocarburé	0.56	bleuâtre.	0.59203	13205
Hydrogène bicarboné	0.98	brillante.	0.4040	12032

En ne nous occupant que de l'hydrogène et du carbone, voyons ce qui se passe lorsqu'on allume de la houille sur une grille. Le gaz dégagé se compose de 90 parties, en poids, d'hydrogène protocarboné et de 10 parties d'hydrogène bicarboné. C'est la seule portion de la houille capable de produire la flamme. La partie solide restant sur la grille n'est autre chose que du coke. S'il arrive de l'air en quantité suffisante pour se mélanger avec les constituants solides et gazeux, il se produit les combinaisons suivantes : L'hydrogène du gaz du charbon se sépare de lui-même du carbone auquel il est uni, puis en s'alliant avec une partie de l'oxygène de l'air, il fournit une flamme qui, peu brillante par elle-même, possède cependant une grande clarté, grâce à la présence de molécules de carbone incandescentes, et il forme ainsi de la vapeur d'eau. En même temps, le carbone étant à même de s'unir chimiquement avec une quantité convenable d'oxygène, donne naissance à l'acide carbonique. Le coke demeure en ignition à l'état solide pendant toute la durée du phénomène, et par sa transformation continuelle en acide carbonique résultant de son incorporation avec l'oxygène, il brûle sans produire aucune flamme.

La combustion est parfaite dans ce cas et les produits gazeux ne contiennent que de la vapeur d'eau et de l'acide carbonique, plus l'azote rendu libre par suite de l'union de l'oxygène de l'air avec les constituants du combustible.

QUANTITÉ D'AIR NÉCESSAIRE A LA COMBUSTION. L'acide carbonique étant composé de 27,27 de carbone et de 72,73 d'oxygène, 1 kilogramme de carbone exige pour passer à l'état d'acide carbonique

$$\frac{72,73\times 1}{27,27}=2^{k},667,$$

c'est-à-dire

$$\frac{2^{k},667}{1,43}=1^{m3},863$$

d'oxygène à 0° et sous la pression de 76$^{c}/_{m}$. (Un mètre cube d'air pèse $1^{k},293$; la densité de l'oxygène par rapport à l'air est égale à 1,1056; $1,1056\times 1,293=1,43$.) Cette quantité d'oxygène est contenue dans

$$\frac{1,863\times 100}{21}=8^{m3},881$$

d'air atmosphérique à la même pression et à la même température.

L'eau étant composée de 11,2 d'hydrogène et de 88,9 d'oxygène, la combustion de 1 kilogramme d'hydrogène exige $\frac{88,9}{11,1}=8$ kilogrammes d'oxygène ou $\frac{8}{1,43}=5^{m3},594$, ce qui équivaut à

$$\frac{5,594\times 100}{21}=26^{m3},638$$

d'air à la même température et à la même pression.

Conséquemment, si l'on connaît la quantité de carbone et d'hydrogène que contient un combustible, il sera facile de déterminer la quantité d'air théoriquement nécessaire à sa combustion.

Comme, dans la pratique, une quantité considérable de l'air qui passe dans le foyer échappe à la combustion, il s'ensuit que pour brûler 1 kilogramme de combustible, il faut une quantité d'air bien plus grande que celle théoriquement nécessaire. On estime qu'environ la moitié de l'air qui passe dans le foyer échappe à la combustion.

M. Péclet a dressé le tableau suivant, qui donne les quantités d'air théoriques et pratiques nécessaires pour la combustion de 1 kilogramme de combustible.

Désignation des combustibles	Composition		Volume d'air	
	Carbone	Hydrogène en excès	Théorique	Pratique
			m. cube	m. cube
Bois parfaitement desséché à 140°.	0.50	0.01	4.71	9.42
Bois ordinaire à 0,25 d'eau	0.375	0.0075	3.53	7.06
Charbon de bois à 0,07 de cendres et 0,07 d'eau	0.86	0.0	7.64	15.28
Tannée sèche	0.48	0.01	4.53	9.06
Tourbe à 0,20 d'eau. . .	0.336	0.007	3.17	6.34
Tourbe parfaitement sèche à 0,05 de cendres	0.58	0.02	5.68	11.36
Tourbe à 0,30 d'eau. . .	0.406	0.014	3.98	7.96
Charbon de tourbe à 0,20 de cendres.	0.80	0.0	7.10	14.20
Houille moyenne à 0,20 de cendres.	0.82	0.04	8.35	16.70
Coke à 0,04 de cendres.	0.96	0.0	8.53	17.06
Coke à 0,15 de cendres.	0.85	0.0	7.55	15.10

MM. Thomas et Laurens ont déterminé, par expériences, la quantité d'air nécessaire à la combustion d'un kilogramme de charbon *solide*, c'est-à-dire du charbon débarrassé des cendres et des matières volatiles. Cette quantité est égale à celle nécessaire pour la conversion du charbon en oxyde de carbone. 1 kilogramme de charbon solide exigeant $4^{m3},41$ d'air à zéro degré sous la pression de 76 centimètres pour sa conversion en oxyde de carbone, comme le charbon de bois, contient en moyenne 0,07 d'eau, 0,025 de cendres et 0,14 de matières volatiles, chaque kilogramme de charbon chargé dans le gueulard d'un haut-fourneau exigera $4,41\times 0,765=3^{m3},374$ d'air.

Un coke moyen contenant 0,05 d'eau, 0,03 de parties volatiles et 0,12 de cendres nécessitera l'envoi par les tuyères d'un volume d'air égal à $4,41\times 0,80=3^{m3},528$ par kilogramme de coke chargé au gueulard. On doit donc régler le débit des machines soufflantes de façon à pouvoir chasser au moins ces volumes d'air correspondants dans les tuyères qui alimentent un haut-fourneau.

Des analyses faites à la manufacture de glaces de Saint-Gobain, sur des gaz de houille grasse brûlée dans un gazogène, ont donné, avec un petit jet d'eau sous les grilles, les résultats suivants :

Acide carbonique, de.	6 à 9
Oxygène.	0.1 à 3.2
Oxyde de carbone.	17 à 22
Hydrogènes carbonés	3 à 6
Hydrogène.	5 à 17
Azote.	55 à 65

Une autre analyse, faite en Angleterre sur les gaz provenant d'un gazogène qui consommait 3/4 de briquettes et 1/4 de charbon en roches, a donné :

Oxyde de carbone. . . .	24.2	Gaz combustibles	34.6
Hydrogène	8.2		
Hydrogènes carbonés .	2.2		
Acide carbonique. . . .	4.2	Gaz incombustibles	65.4
Azote.	61.2		
	100.0		100.0

Un volume d'oxyde de carbone a besoin, pour brûler, d'un demi-volume d'oxygène pur.

Un volume d'hydrogène consomme un demi-volume d'oxygène.

Enfin, un volume d'hydrogène bicarboné en absorbe trois volumes.

Par suite, 100 mètres cubes de gaz provenant d'un gazogène demandent, pour brûler, les quantités d'oxygène suivantes :

Pour	$21^{m3},2$	d'oxyde de carbone . . .	$12^{m3},1$ d'oxygène.
—	8.2	d'hydrogène.	4.1 —
—	2.2	d'hydrogène carboné. . .	6.6 —
—	61.2	d'azote.	0.0 —
—	6.2	d'acide carbonique . . .	0.0 —
Pour	100^{m3}	de gaz	$22^{m3},8$ d'oxygène.

chiffre qui correspond à 114 mètres cubes d'air atmosphérique. Les gaz riches en hydrogène carboné auraient naturellement besoin de plus d'air que ceux qui en contiennent peu. Le rapport 1,33 entre les volumes d'air et de gaz peut être adopté en toute sécurité.

QUANTITÉ DE CHALEUR DÉGAGÉE PAR LA COMBUSTION. D'après les analyses de M. Ebelmen, les gaz sortant du gueulard de hauts-fourneaux marchant au charbon de bois sont composés, en poids, de $0^{k},1835$ d'acide carbonique, $0^{k},2224$ d'oxyde de carbone, $0^{k},0041$ d'hydrogène et $0^{k},5730$ d'azote. La puissance calorifique de ces gaz est représentée par :

$$2403\times 0,2224+29512\times 0,0041=655,43$$

(en ne prenant que 29,512 pour la puissance calorifique de l'hydrogène.)

La chaleur nécessaire pour élever de 1° la température des gaz résultant de la combustion est

égale à leurs poids respectifs multipliés par la chaleur spécifique de chacun d'eux.

Pour l'acide carbonique du gaz avant la combustion.	$0{,}1835 \times 0{,}216 = 0{,}0396$
Pour l'azote du gaz avant la combustion.	$0{,}5730 \times 0{,}244 = 0{,}1398$
Pour l'acide carbonique formé à la combustion	$0{,}3494 \times 0{,}216 = 0{,}0754$
Pour la vapeur d'eau.	$0{,}0360 \times 0{,}475 = 0{,}0171$
Pour l'azote introduit par l'air.	$0{,}4256 \times 0{,}244 = 0{,}1048$
Pour la totalité des gaz.	0,3767

La température des gaz après la combustion est donc, en supposant qu'il n'y ait aucune déperdition de chaleur et que la combustion s'effectué avec la quantité d'air rigoureusement nécessaire :

$$\frac{655{,}43}{0{,}3767} = 1740^{\circ}$$

Pour les gaz d'un haut-fourneau au coke, on obtiendrait à peu près les mêmes résultats ; d'après les analyses de M. Ebelmen, on a constaté, sur un haut-fourneau de l'espèce, de 11 mètres de hauteur, la teneur qui suit, en oxyde de carbone : 0,37, 0,33, 0,32 et 0,25, selon que les gaz sont pris à $0^{m},62$ ou $4^{m},36$ au-dessus des tuyères, à 1 mètre au-dessus du gueulard et au gueulard.

Ces gaz sont utilisés en partie pour le chauffage de l'air et pour celui des chaudières à vapeur.

D'après Faraday, la combustion du gaz peut produire une température de 2,200°. Les régénérateurs Siemens-Martin peuvent amener les gaz à 1,700° à leur entrée dans le four. On pourrait donc, dans un four à gaz, produire une température de 3,900° ; cette température serait telle que le four et tout ce qu'on y exposerait fondrait.

Utilisation du combustible. Pour bien utiliser le combustible sur une grille, il faut d'abord maintenir la température du foyer à un degré élevé, attendu que chaque corps ne se combine avec l'oxygène qu'à une température donnée. Si cette condition n'est pas réalisée, la majeure partie du gaz du charbon s'écoule décomposée en hydrogène et en carbone pulvérulent non brûlés, ou même parfois sans que les éléments du gaz soient séparés. Disons en passant que la séparation du chauffage du lieu de la combustion, ce qui a lieu dans les fours à gaz, donne sur le chauffage direct des fours une économie d'environ 45 0/0.

On doit multiplier les points de contact du combustible avec l'air ; c'est à une extension de ce principe qu'est dû le broyage préalable du charbon, dans les *fours rotatifs* Crampton. Il faut éviter la division de la flamme et laisser à celle-ci un espace assez vaste pour qu'elle puisse se développer à l'aise. L'air doit être introduit par deux endroits distincts, afin de saturer d'oxygène le coke et les gaz séparément. L'épaisseur de la couche de charbon varie, suivant les qualités, entre 12 et 20 centimètres. Lorsqu'on fait arriver tout l'air nécessaire à la combustion à travers la grille, voici ce qui a lieu :

Si l'atmosphère est humide, le courant d'air se compose d'azote, d'oxygène et de vapeur d'eau. Or, dès lors qu'il a traversé la grille, il se trouve en présence avec du coke incandescent ; une partie de l'oxygène se combine aussitôt avec ce coke et produit de l'acide carbonique, en déterminant un développement considérable de chaleur. Cette région possède donc la plus haute température du foyer ; une partie de la vapeur d'eau s'y décompose en oxygène et en hydrogène. Après avoir traversé le coke incandescent, le courant gazeux est formé d'azote, d'oxygène, d'hydrogène, de vapeur d'eau et d'acide carbonique ; il arrive ainsi au milieu du combustible frais de la région supérieure de la couche. A ce moment, une partie de l'oxygène se combine avec une partie de l'hydrogène et avec une partie du gaz du charbon exhalé par le combustible frais ; il y a naissance de vapeur d'eau avec dégagement de chaleur. Mais si cette région supérieure est trop épaisse, une partie de l'acide carbonique du courant a le temps d'en toucher les fragments qui sont déjà transformés en coke incandescent ; cette partie se change en oxyde de carbone tout en absorbant de la chaleur. Ce dernier effet, et principalement la volatilisation du gaz de charbon, déterminent un grand abaissement de température à la surface de la couche du combustible. Cet abaissement est nécessairement d'autant plus considérable que la couche est épaisse.

Enfin, lorsque le courant quitte la partie solide du combustible et arrive dans la chambre ménagée en dessus de la grille, il se compose d'azote, d'oxygène, d'hydrogène plus ou moins carboné, de vapeur d'eau, d'acide carbonique et d'oxyde de carbone. Alors, si la température de cette chambre n'est pas trop abaissée, le peu d'oxygène qui y parvient s'unit avec une partie de l'hydrogène, en formant de l'eau. Il se combine aussi un peu avec une partie de l'oxyde de carbone, soit du carbone incandescent, et forme de l'acide carbonique. La flamme est alors d'un aspect sombre, chargée de suie, d'une température relativement peu élevée et qui s'éteint bientôt en se transformant en fumée.

En diminuant l'épaisseur de la couche, selon les cas, on remédie à ces défauts ; les charges sont alors, évidemment, plus rapprochées que lors des couches épaisses. Le maximum de la charge ne doit pas dépasser le 1/4 de la couche totale. On doit éviter de laisser des escarbilles chaudes dans les cendriers, attendu qu'elles dilatent l'air, et conséquemment il en passe un moins grand poids à travers le combustible.

La vitesse de l'air doit être proportionnée à la qualité du combustible et à la température à laquelle il brûle. Les combustibles durs à allumer ne brûlent que lorsque le courant est très vif.

La houille de bonne qualité, contenant 82 0/0 de carbone et 4 0/0 d'hydrogène en excès, est susceptible de dégager

$0{,}82 \times 7800$ calories $+ 0{,}04 \times 34742$ cal $= 7785$ cal. ;

c'est-à-dire que si toute la chaleur rendue libre était employée au passage de l'eau à zéro degré en vapeur à 100°, elle pourrait vaporiser $12^{k},22$ de cette eau. Ce chiffre est loin d'être atteint dans la pratique, parce qu'une notable portion de chaleur est perdue dans la cheminée, le rayonnement, etc.

— V. Chaudière.

On ne compte pas, dans les constituants de la houille propres à produire de la chaleur, l'hydrogène et l'oxygène en proportion convenable pour former de l'eau, attendu que la quantité de chaleur dégagée lors de la formation est exactement égale à celle absorbée pour sa vaporisation.

Remarquons que si les 7785 calories rendues libres par la combustion *complète* d'un kilogramme de charbon pouvaient être directement transformées en travail, on pourrait, avec ce simple kilogramme, suffire à la consommation d'une machine de 12 chevaux de 75 kilogrammètres pendant une heure. — V. CHALEUR, § *Equivalent mécanique*.

$$7785 \times 425 = 3{,}308{,}625^{km}$$

$$75^{km} \times 60' \times 60'' = 270{,}000^{km} \qquad \frac{3{,}308{,}625}{270{,}000} = 12^{ch},2.$$

* **COMÉDIE.** *Iconog.* Les artistes de l'antiquité représentaient Thalie, la muse de la Comédie, sous les traits d'une jeune fille souriante, couronnée de lierre et tenant à la main le masque scénique.

COMÈTE. *Art hérald.* Emblème de la renommée. Etoile à huit ou seize rayons, dont la queue flamboyante va en s'élargissant.

COMÉTÉ, ÉE. *Art hérald.* Se dit de pièces qui se terminent vers la pointe en rayons ondoyants.

COMMA. *T. de typog.* Ponctuation qui se marque par deux points (:).

COMMANDE. *T. techn.* Petite corde de chanvre, portant à l'une des extrémités un bilboquet de frêne et à l'autre un porte-mousqueton ; elle est employée dans l'attaque des incendies et dans les opérations de sauvetage. || Epingle courbe employée dans le tissage pour arrêter provisoirement les fils de chaîne qui se rompent sur le derrière de l'étente, ainsi que ceux qui doivent être remplacés.

***COMMENTRY ET CHATILLON** (Forges et mines de). Groupe d'établissements métallurgiques et miniers, fondé en 1843 par MM. Bougueret, Martenot et C^ie^, et transformé en 1862 en Société anonyme, sous la raison sociale de : Compagnie anonyme des *Forges de Châtillon et Commentry*. Outre le groupe du Châtillonnais proprement dit, la Société possède encore un certain nombre d'usines, situées en des points divers de France, ainsi que des houillères et des mines de fer, ce qui lui permet, grâce au choix judicieux des situations de tous ces établissements, de livrer les produits de sa fabrication dans les conditions industrielles les plus avantageuses.

La production des Forges de Commentry et Châtillon consiste en fers laminés et profilés pour la construction, en machines, pièces forgées pour matériel de chemins de fer, en rails d'acier Bessemer, en tôles de fer et d'acier, en fers blancs, en câbles, fils de fer et d'acier, en pointes et clous. Ainsi, dans ces derniers articles, qui forment une de leurs spécialités, les quantités livrées annuellement par l'ensemble des ateliers qui les fabriquent ne s'élèvent pas à moins de 12,000 tonnes, comprenant tous les échantillons connus depuis la fine pointe du placage, fabriquée avec du fil de 6/10 de millimètre, jusqu'à la pointe de charpentier de 0^m^,01 de diamètre et 0^m^,30 de long, y compris tous les clous spéciaux pour la chaussure.

Le groupe métallurgique du Châtillonnais proprement dit comprend les forges de Sainte-Colombe-sur-Seine, les tréfileries d'Ampilly et de Plaines et les pointeries de Chamesson. Toutes ces usines sont échelonnées le long de la Seine, sur un parcours de 25 kilomètres, disposant de forces motrices hydrauliques et à vapeur. La fabrication de ce groupe s'élève à 15,000 tonnes par an, que l'on peut classer ainsi :

Fers en barre ordinaires et profilés. .	4,800 tonnes.
Fil de fer et d'acier.	2,200 —
Pointes de toutes variétés.	7,500 —

Chacun de ces produits se subdivisant en une foule de variétés et de qualités répondent à des besoins ou usages spéciaux. Le nombre considérable des échantillons dans chaque sorte apporte une complication énorme dans le matériel de ces usines et en établit la grande importance industrielle. Ce groupe occupe environ 1,000 ouvriers. L'usine de Vierzon est également affectée à la fabrication du fil, des pointes et des clous, et en livre, à elle seule, 4,500 tonnes, plus 500 tonnes de fil, classé en fil de fer puddlé pour la culture de la vigne, et en fil fin au fer au bois, ou en fil d'acier très apprécié par les fabricants d'épingles. Cette usine, admirablement située sur la rivière d'Yèvre, dispose d'une force hydraulique naturelle de 127 chevaux, à laquelle on a adjoint une machine à vapeur de secours de 60 chevaux.

Les usines de Commentry travaillent spécialement pour la production des fers laminés, des grosses tôles, des tôles minces et des fers blancs. Elles livrent annuellement 26 à 28,000 tonnes de ces produits, dans lesquels les fers blancs comptent pour 1/10, les tôles pour 4/10 et les laminés pour la moitié. La fabrication des objets similaires en acier, dont la création est toute récente, prend chaque jour une extension croissante. Pour suffire à cette grande production, les forges de Commentry fabriquent, pour leurs besoins personnels, 28,000 tonnes de coke et 16,000 de fonte. Elles occupent 1,550 ouvriers.

Les forges de Saint-Jacques, à Montluçon, où se font les travaux importants de forge tels que blindages, bandages de roues, grands fers profilés, projectiles, etc., disposent d'une force de 2,500 chevaux, et 3 hauts-fourneaux, 3 convertisseurs Bessemer, 6 fours Siemens à acier, etc. Elles occupent près de 2,000 hommes et donnent lieu à une production considérable, dans laquelle on peut citer 32,000 tonnes de fonte, alimentant les Bessemers, les Siemens et la fabrication du fer ; 22,000 tonnes de métal Bessemer, 18,000 tonnes de rails, 3,000 de blindages, 3,000 de grands fers laminés, 7,000 de matériel de machines-outils diverses, 15,000 de bandages fer et acier pour vagons et machines, 6 à 8,000 essieux, 300 tonnes de pièces forgées diverses, et enfin 4 à 5,000 tonnes de moulage en fonte 1^re^ et 2^e^ fusion.

L'usine d'Ancy-le-Franc, dans le département de l'Yonne, est consacrée uniquement au laminage des fers profilés. La production annuelle, qui s'élève à 12,500 tonnes, se subdivise, là encore, en une infinité de variétés d'échantillons, la clientèle se composant des entrepreneurs, des constructeurs de chemins de fer et des administrations de l'Etat. Les qualités des produits offrent tous les degrés, depuis les bons fers ordinaires jusqu'aux meilleurs fers de construction. Bien que séparées des autres usines de la Société, les forges d'Ancy-le-Franc, par leur heureux emplacement au voisinage du canal de Bourgogne et de la grande ligne de Paris à Lyon, sont dans d'excellentes conditions, tant pour la réception des matières que pour l'expédition de leurs produits.

Les usines de Tronçais sont spécialement agencées en vue de la fabrication des câbles en fil de fer et du fil télégraphique galvanisé. Cet outillage peut donner, chaque année, de 7 à 800 tonnes de produits de première qualité. La fabrication comprend des câbles de toutes dimensions, depuis les plus petits jusqu'à ceux d'extraction ronds ou plats et d'une résistance de 80 à 100 tonnes.

Enfin, pour terminer cette rapide description des diverses usines métallurgiques de la Société, il nous reste à mentionner celle de Saint-Montant, près Beaucaire, dont la position heureuse a été choisie avec le même discernement. Les installations établies, tant pour le service de réception sur le canal que sur la voie ferrée, ne sauraient être passées sous silence, à cause de l'excellent esprit qui y a présidé. La fabrication de cette usine comprend : la fonte, en très grande partie transformée sur place en acier par le procédé Bessemer ; l'acier pour tôle par les procédés Siemens ; le laminage de ces aciers sous forme de rails principalement, et le finissage de ces rails; et enfin des aciers spéciaux livrés comme matières premières aux autres usines de la Société. Les cokes et les houilles proviennent du bassin du Gard, auxquels s'adjoignent les lignites pour le chauffage des fours. Les minerais traités proviennent, en grande majorité, de l'Algérie et des Pyrénées. L'usine comprend 3 hauts-fourneaux, 2 convertisseurs Bessemer, 2 fours Siemens, et les ateliers de laminage. La production annuelle est de 43,700 tonnes de fonte, dont il a été transformé 30,300 tonnes de rails. Ce travail n'exige pas moins de 2,715 chevaux vapeur et le concours de 700 ouvriers.

Pour alimenter ces nombreuses usines des matières premières indispensables à leur production, la Société exploite directement des houillères et des minières, dont nous allons rapidement parler.

Les houillères sont divisées en deux groupes : celles de l'Allier et celles du Puy-de-Dôme. Les premières, au nombre de quatre, dont trois en pleine exploitation et une en cours de recherches, donnent lieu à une extraction considérable qui, en 1882, se chiffrait ainsi :

Houillère de Bezenet. .	193,450 t.	occupant	1,413 ouvr.
— de Doyet. . .	119,110	—	844 —
— des Ferrières	64,080	—	406 —
— du Montet, en cours de recherches.			

Celles du Puy-de-Dôme, à quelques kilomètres du département de l'Allier, comprennent deux concessions : la Roche et la Vernade, et bien que ne couvrant que 3 kilomètres carrés 72 hectares, sont enrichies par de nombreux plissements des couches, dont la puissance moyenne de 10 mètres atteint parfois jusqu'à 50 mètres. L'extraction annuelle est de 135,000 tonnes, occupant 800 ouvriers.

Les minières de cette Société s'étendent sur trois départements : le Cher, la Nièvre et l'Indre. Les gîtes du Cher sont formés par du minerai en grain, exploité partie à ciel ouvert, partie en travaux souterrains, soumis au lavage à la sortie de la mine et fournissent 44,000 tonnes environ de terrages, rendant 50 0/0 de minerai lavé, qui à son tour rend 40 0/0. Dans l'Indre, la Société exploite à ciel ouvert du fer peroxydé. A côté de ces minières se trouvent deux hauts-fourneaux au bois. Enfin, aux minières du Berry s'ajoutent une exploitation de castine à Dun-sur-Auron, et une de castine ferrugineuse, au Guétin, dans la Nièvre.

La Société des Forges de Châtillon et Commentry, tout en s'efforçant de tenir sa fabrication si variée à la hauteur de tous les perfectionnements actuels, efforts que récompense justement la faveur marquée que ses produits rencontrent sur tous les marchés, n'a rien négligé de ce qui pouvait concourir au développement moral et matériel des nombreuses populations qu'elle occupe. Bien que la dissémination de ses différentes usines ait rendu, à cet égard, sa tâche plus difficile, par suite des nécessités où elle se trouve chaque fois de se prêter aux circonstances locales et à la nature particulière de la population avec laquelle elle est en rapport; elle n'en a pas moins fait de nobles efforts pour favoriser partout l'application d'un système qui lui fait honneur et rend de grands services aux ouvriers. Dans chaque établissement, on a créé des écoles assidument fréquentées, et il est rare qu'un ouvrier élevé dans les localités où l'action de la Société s'exerce se présente au tirage au sort sans être déja pourvu de toute l'instruction primaire. Aussi, ces populations sont-elles, en général, sédentaires, avec des habitudes d'ordre et d'économie, que favorisent les ouvertures de comptes de dépôts, la facilité de devenir propriétaire d'habitations créées par la Société, etc. Des sociétés de secours assurent l'ouvrier contre le chômage accidentel occasionné par les maladies et pourvoient au sort des vieillards, des veuves et des orphelins. A l'usine de Sainte-Colombe, dans le groupe du Châtillonnais, la société de secours qui en dépend distribue, à elle seule, annuellement 15,000 francs. Une des heureuses créations que la Société s'est efforcée de répandre, ce sont les sociétés coopératives de consommation, constituées en actions, à un capital relativement minime, souscrit par le personnel, mais qui n'en rendent pas moins pour cela de très grands services, car elles ont un double résultat : faire profiter l'ouvrier d'une alimentation saine et économique et lui faire apprécier l'action du capital et du travail intellectuel, ce

qui est incontestablement un mode très supérieur de moralisation. Les bénéfices de cette société de coopération sont distribués sous forme de remises sur les achats et servent à venir au secours des situations embarrassées. Quelques chiffres démontreront facilement les avantages de ces institutions. Dans le groupe du Châtillonnais, les valeurs, tant mobilières qu'immobilières, formant l'avoir patrimonial des diverses familles ouvrières peuvent être évaluées à plus de 4 millions de francs, soit au moins 5 à 6,000 par famille. Aux forges de Commentry, la société coopérative a fait, depuis sa création (1873) un bénéfice de 987,000 francs; le chiffre des affaires annuelles est de 800,000 francs environ, et les sommes placées par le personnel s'élèvent à 822,633 fr. 30.

* **COMMENTRY-FOURCHAMBAULT** (Forges et mines de). On connaît sous ce nom un groupe d'établissements qui tiennent une des premières places dans l'industrie métallurgique française; ils embrassent de nombreuses branches d'exploitation, tout en n'utilisant presque uniquement que des matières tirées du sol national.

Ces établissements forment deux groupes principaux: les exploitations houillères et les établissements métallurgiques, qui, à leur tour, se subdivisent, en présentant toutes les variétés de productions auxquelles peut donner lieu le travail du fer. Les divers sièges d'exploitation, bien que groupés les uns près des autres, s'étendent à la fois sur trois départements: le Cher, l'Allier et la Nièvre.

— La Société actuelle remonte à 1853. A cette époque, MM. Rambourg, propriétaires de la houillère de Commentry; MM. Boigues et C^ie^, propriétaires des forges et de la fonderie de Fourchambault et des hauts-fourneaux de Torteron, et la Société anonyme de Montluçon, propriétaire des hauts-fourneaux de Montluçon et de la houillère de Montvicq, réunirent leurs établissements et fondèrent une Société en commandite, sous la raison sociale Boigues, Rambourg et C^ie^.

A cette Société s'annexèrent, peu de mois après, les usines d'Imphy et de La Pique.

Ce régime commanditaire, qui n'avait été adopté que provisoirement, dura vingt ans.

Enfin, en 1874, la Société Boigues, Rambourg et C^ie^, sans rien changer à son capital, à son organisation et à ses affaires, s'est transformée en Société anonyme de *Commentry-Fourchambault*.

Les houillères exploitées par la Société fournissent annuellement six millions d'hectolitres de houille, dont 50 0/0 environ consommés par les diverses usines de la Société et 50 0/0 livrés au commerce ou à diverses industries. Les concessions relatives à ces mines s'étendent sur une étendue de 2,400 hectares. Elles se trouvent reliées, soit à la grande ligne du chemin de fer d'Orléans, soit au canal du Berry par des lignes à voie étroite, construites par la Société sur un développement de 50 kilomètres, avec un matériel spécialement étudié, en particulier une locomotive pour voie étroite, récompensée en 1867.

Cette exploitation considérable de houille a donné lieu à la formation d'ateliers spéciaux pour la construction et l'entretien du matériel des houillères, et la puissance des machines à vapeur nécessitées pour l'ensemble de ce premier groupe s'élève à plus de deux mille chevaux-vapeur. A l'extraction proprement dite de la houille, vient s'ajouter la fabrication du coke, permettant d'utiliser les menus charbons dont la production atteint environ 1,300 hectolitres par jour.

Le charbon est lavé par les lavoirs du système Forey, et le coke est fabriqué dans des fours à sole et à côtés chauffés, qui se défournent au moyen de repoussoirs mécaniques. La production journalière de coke est d'environ 300 tonnes. Cette exploitation n'est pas seulement intéressante par son développement, mais plus encore par les études persévérantes et les nombreux perfectionnements qui en ont assuré le succès, bien que les conditions naturelles fussent loin d'être avantageuses, par suite de la tendance de la houille, dans certains quartiers, à s'enflammer d'elle-même. Cette première partie de l'exploitation par la Société occupe déjà un personnel d'environ 2,000 ouvriers.

Les établissements métallurgiques ne le cèdent en rien à l'exploitation houillère. Les matières premières qui y sont employées sont:

3,000,000 hectolitres de houille, provenant des houillères de Commentry et Montvicq;

30,000 hectolitres de charbon de bois du Berry, 110,000 tonnes de minerai du Berry et de l'Aubois;

31,000 tonnes de minerai de l'étranger.

Ils comprennent des hauts-fourneaux, des forges, des fonderies, des tréfileries, des ateliers de construction, enfin des aciéries à Montluçon, Fourchambault, Imphy et à La Pique (près Nevers). La production en fonte s'élève à 50,000 tonnes absorbées presque entièrement par la fabrication des divers établissements de la Société auxquelles il faut ajouter 5,000 tonnes d'acier. Les appareils et machines sont trop nombreux pour pouvoir en donner ici la nomenclature; on y distingue 8 hauts-fourneaux, 5 fours Siemens pour la production de l'acier, 10 trains de laminoirs, 50 fours à réchauffer dont plusieurs avec les régénérateurs Siemens, 25 marteaux pilons à vapeur, des fours à gaz appliqués à la fusion de l'acier au creuset, avec un total de moteurs à vapeur de 3,500 chevaux-vapeur, occupant plus de 5,000 ouvriers.

Les produits qui sortent de ces ateliers présentent une variété considérable: rails, barres, ressorts, pelles en acier fondu et laminé, pièces de forge et d'acier moulé, tôles, fers laminés, fils de fer, essieux en fer, tout le matériel de chemin de fer, charpentes et ponts métalliques, projectiles de tous calibres, affûts, tuyaux de conduite en fonte coulés debout de tous diamètres, qui forment une spécialité de la production de la Société.

Deux points importants sont à signaler sur l'ensemble du travail. L'amélioration des qualités du fer due, tant à la valeur exceptionnelle des fontes de Montluçon fabriquées au coke avec les minerais de qualité très supérieure du Berry, qu'aux perfectionnements incessants apportés aux méthodes de fabrication, et qui fournissent un fer capable de lutter avantageusement avec les fers au bois. L'introduction du ferro-manganèse dans le travail du fer, a contribué à l'amélioration de cette ma-

tière, et Commentry-Fourchambault peut réclamer une juste part d'initiative dans cette importante et utile fabrication.

Enfin, l'un des titres les plus recommandables de cette Société, c'est la place importante qu'elle a toujours occupée dans la fabrication de l'acier. C'est elle qui a installé, la première, en France, à St-Seurin, l'appareil Bessemer, consacrant des sommes considérables à l'introduction de cette fabrication sur le sol français, dont les produits occupent aujourd'hui une si grande place sur le marché. C'est encore elle qui construisit, en 1863, le premier four destiné à fondre et à fabriquer l'acier sur la sole d'un four à reverbère construit en matériaux suffisamment réfractaires, au moyen de l'application des fours à gaz à chaleur régénérée, brevetés en 1861 par M. Siemens, et suivant les procédés imaginés par l'inspecteur des mines, M. Le Chatellier, branche d'industrie nouvelle, reprise ensuite et connue aujourd'hui sous le nom de procédé Martin-Siemens.

Cette monographie serait incomplète, si, à côté de l'énoncé des procédés d'exploitation, et de l'importance de la production, il n'était pas parlé des efforts de toute nature faits par la Société pour l'amélioration du sort des ouvriers qu'elle occupe. L'on a vu que le personnel employé tant aux houillères qu'aux forges et ateliers monte à près de 8,000 ouvriers.

La sollicitude de la Compagnie a tout aménagé pour placer les hommes dans les conditions les plus favorables, par une bonne entente des dispositions intérieures de chaque atelier et par une série de fondations de diverses natures destinées à leur venir en aide.

Des hospices, créés et dotés par la famille Rambourg et la famille Hochet, de nombreuses écoles où tous les enfants (2,173, en 1878) des familles occupées dans les divers établissements trouvent l'instruction gratuite, ont absorbé plusieurs millions pour leur établissement, et couvrent, à elles seules, 35,000 mètres de superficie. Ces mêmes écoles, par des cours d'adultes, et à l'aide de bibliothèques amplement pourvues, permettent aux jeunes ouvriers de compléter leur instruction, pour les préparer au rôle d'excellents ouvriers et de contre-maîtres.

La moyenne du nombre des journées, en un an, pour un ouvrier, est d'environ 300 ; la continuité et la régularité du travail caractérisent cette population ouvrière. On est sévère contre les absences du lundi, qui sont, d'ailleurs, très rares.

La Société n'a pas de caisse de retraite ; malgré des efforts réitérés, les ouvriers n'ont pu se faire aux plus simples combinaisons financières. Toutefois, afin de développer le goût de l'épargne, elle donne la faculté de déposer les économies de chacun, à la caisse, en ouvrant des comptes-courants, au taux constant de 5 0/0. La Société possède plus de 2,000,000 provenant de 600 déposants, et ce chiffre va toujours en augmentant. Un autre moyen de stimuler l'épargne a été la mise, à la disposition du personnel, de terrains à prix très réduit, sur lesquels il a été construit des maisons et établi des jardins : l'ouvrier trouve ainsi une occupation qui le délasse et le récrée, les jours où il ne va pas à l'usine, l'écarte du cabaret et le retient au milieu de sa famille.

Depuis 1855, plus de 200 hectares ont été vendus aux ouvriers dans ces conditions. Les établissements de la Société comptent, aujourd'hui, plus de 200 ouvriers ayant trente ans de services effectifs, et 60 0/0 des ouvriers de la houillère âgés de plus de 30 ans, sont propriétaires d'une maison avec un jardin.

Ces résultats montrent bien que la sollicitude de l'administration n'a négligé aucun des points où son action intelligente pouvait heureusement se faire sentir.

COMMERCE ET INDUSTRIE. *Observations générales.* Le commerce s'identifie si complètement avec l'industrie, que quelques économistes ont cru pouvoir les considérer comme les facteurs communs et inséparables de la création et de la distribution des richesses. « Sans le commerce, a dit M. Culloch, une foule d'objets utilisables resteraient sans valeur, parce que, sans le commerce, ils ne pourraient être utilisés. Le commerce ne les crée pas, sans doute ; mais, en les mettant à la disposition de ceux qui peuvent s'en servir, il leur donne une valeur qu'ils n'avaient pas avant. Ainsi, un arbre abattu dans une forêt vierge de l'Amérique n'acquiert une valeur que par son transport aux lieux où il peut être employé par l'industrie. »

Le commerce, même pour les matières premières qu'il transporte, dépend entièrement de l'industrie. Il en dépend même en ce qui concerne ses moyens d'action et notamment la construction des véhicules de toutes formes et dimensions. C'est à l'industrie, en effet, que sont dus les voitures, les locomotives, les navires, leur armement, les instruments de précision qui permettent au navigateur de se diriger en mer, les machines qui servent au chargement et déchargement des cargaisons. C'est encore l'industrie qui fournit au commerce ses docks, ses entrepôts, qui crée ou améliore les ports où il embarque et débarque ses marchandises.

On distingue deux natures de commerces : le commerce *intérieur* et le commerce *extérieur*. Le premier met à la portée des consommateurs d'un pays les produits provenant de ce pays ou de pays étrangers. Le second fournit aux consommateurs du monde entier les produits de tous les pays. En général, là où, comme en Angleterre, en Belgique, en Allemagne, en France, en Suisse, l'industrie manufacturière est très développée, le commerce extérieur peut être plus important que le commerce intérieur. Cependant un Etat qui constitue, par le chiffre considérable de sa population (Allemagne, Russie, Etats-Unis), un marché très étendu, peut avoir un commerce intérieur supérieur à son commerce extérieur.

Les deux commerces exercent l'un sur l'autre une très grande influence. Un pays, en effet, ne crée pas tous les produits qu'il consomme. Il est beaucoup de matières premières et même de marchandises qu'il est obligé de faire venir du

dehors, dans l'impossibilité, par une raison quelconque, de les fabriquer.

Malgré cette presque identification des deux commerces, nous les examinerons séparément.

Commerce intérieur. Il se divise en deux catégories : le commerce en gros, le commerce en détail. Le premier achète, en quantités relativement considérables, les matières premières et les produits fabriqués, pour les vendre à des marchands qui les mettent immédiatement sous la main des consommateurs.

Le commerce en gros, exigeant des capitaux d'une certaine importance, se concentre habituellement dans les mains d'un petit nombre de négociants. Le petit commerce subit donc sa loi en ce qui concerne les prix. Toutefois, si ces prix étaient exagérés, les consommateurs seraient en nombre insuffisant pour assurer l'écoulement complet des produits. Il est donc de l'intérêt des gros détenteurs de modérer leurs exigences vis-à-vis des petits.

A ce sujet, il s'est formé, dans le monde commercial, deux opinions, deux doctrines. L'une estime qu'il vaut mieux vendre peu et réaliser de gros bénéfices sur chaque vente, les opérations et la comptabilité commerciales étant ainsi simplifiées. L'autre est d'avis, au contraire, qu'il est préférable de vendre rapidement en se contentant d'un faible bénéfice, parce qu'on renouvelle plus tôt son capital et qu'on s'expose ainsi à une moindre perte d'intérêt. Nous partageons cette dernière manière de voir, qui est celle de la communauté juive, la plus intelligente de toutes.

Les formes du commerce intérieur subissent, avec le temps, de notables changements. Le morcellement, l'extrême division des maisons de commerce font place, chaque jour, à leur concentration dans un certain nombre de grands établissements qui offrent au public les avantages d'un prix modéré et de vastes assortiments, mais à la condition du paiement comptant. Le même mouvement se produit dans l'industrie, qui tend à se concentrer dans de vastes usines, où elle fabrique à un moindre prix de revient.

Signalons une autre tendance non moins importante du commerce intérieur. Le fabricant cherche à s'exonérer de l'intermédiaire du commerçant pour vendre directement ses produits dans des locaux dépendant ou non de ses ateliers. Sans doute, il ajoute ainsi à ses opérations et à ses frais ; mais il perçoit le bénéfice que le marchand aurait réalisé et ne court pas le risque d'être compris dans sa faillite.

Un troisième mouvement se dessine très visiblement, depuis l'ère des chemins de fer, dans le commerce intérieur de certaines denrées alimentaires : c'est la mise en communication directe du producteur avec le consommateur. Ce mouvement s'étendra dans la mesure des facilités que les chemins de fer accorderont au transport des colis isolés. Pour citer un exemple bien connu de ce mouvement, les viticulteurs s'adressent directement, aujourd'hui, aux particuliers, soit par voie de circulaires, soit par l'envoi d'agents munis d'échantillons. Les spiritueux, les huiles, les beurres, les farineux suivent l'exemple. En ce qui concerne les autres produits de la ferme, ils sont de moins en moins portés au marché, les spéculateurs allant les prendre directement chez le cultivateur, pour les diriger, par fortes quantités, sur les grands centres de consommation.

L'intermédiaire du marchand était devenu d'autant plus onéreux, en France, que l'énormité des impôts et le renchérissement continu des locations l'obligeaient à faire au producteur des conditions de plus en plus onéreuses.

Les gouvernements peuvent encourager le commerce intérieur par des mesures diverses. Ils peuvent : 1° supprimer, sauf compensation, les douanes intérieures qui, sous le nom d'*octrois*, pèsent lourdement sur le consommateur et le producteur et ont, en outre, le grave inconvénient de conduire à la falsification des produits alimentaires. L'octroi ne pèse pas moins sur certaines fabrications, en imposant leurs matières premières ; 2° faciliter les communications, en favorisant la construction des chemins de fer et des voies fluviales perfectionnées, en abaissant les taxes postales et télégraphiques, en multipliant les bureaux de poste et les stations télégraphiques, en supprimant les droits de navigation sur les cours d'eau qui appartiennent à l'Etat ; 3° obtenir des réductions de tarifs des compagnies de chemins de fer, fut-ce au prix d'une prolongation de la durée de leur concession ; 4° assurer, par des lois sévères et leur non moins sévère application, la loyauté des transactions ; 5° supprimer les intermédiaires officiels entre les vendeurs et les acheteurs ; 6° créer des bourses où, les uns et les autres puissent discuter librement leurs intérêts ; 7° favoriser la formation des sociétés commerciales et financières, en supprimant toute ingérence officielle dans leurs opérations, mais en soumettant leurs opérations à des règles précises, qui ne puissent pas être violées impunément ; 8° exercer, sur les banques officielles, une influence qui ne permette pas aux directeurs de tenir compte trop exclusivement, pour la fixation du taux de l'escompte, des intérêts des actionnaires ; 9° prévenir, par un bon système monétaire, la hausse des prix, que détermine toujours une circulation fiduciaire exagérée ; 10° organiser une justice consulaire à décisions promptes et peu coûteuses ; 11° faire une bonne loi sur les faillites, qui assure la prompte réalisation et aux moindres frais possibles, de l'actif, ainsi que sa distribution. Telle serait celle qui laisserait les créanciers confier la liquidation de la masse à quelques-uns d'entre eux, sous le contrôle d'un conseil de surveillance, également à leur nomination.

Nous ne ferons que mentionner les réductions d'impôts ; car elles ne dépendent pas toujours des gouvernements, souvent engagés dans des dépenses plus ou moins fructueuses qui absorbent complètement leurs ressources.

Le commerce intérieur peut subir des crises tout aussi bien que le commerce extérieur. Bornons-nous à dire qu'elles se produisent souvent à la suite

d'une série de mauvaises récoltes qui, en amenant un malaise général, diminuent à la fois le nombre des consommateurs et l'importance des consommations individuelles.

Elles se produisent aussi en cas de graves incertitudes sur l'avenir politique du pays qui les voit naître ; lorsque, par exemple, son gouvernement est attaqué sans relâche par des partis qui ne visent pas seulement les hommes et les institutions politiques, mais encore les bases mêmes de la société.

Commerce extérieur. Il existe, sur les éléments de prospérité de ce commerce, des controverses très anciennes et cependant encore très vives. Elles touchent d'autant moins à leur fin, que les faits ne semblent donner clairement raison ni à l'une ni à l'autre des deux opinions qui en sont l'objet. Si les partisans du libre-échange plus ou moins absolu citent à l'appui de leurs doctrines l'exemple de l'Angleterre et de la Belgique, dont l'industrie est très prospère, malgré un abaissement très sensible des droits de douane, leurs adversaires leur opposent celui des Etats-Unis, dont l'industrie s'est développée dans des proportions énormes, à l'abri du tarif le plus protecteur que l'on connaisse, et qui, grâce à ce tarif, ont réalisé des excédents de recettes suffisant pour leur permettre de réduire fortement et rapidement leur dette publique. On oppose également aux théoriciens du libre-échange le relèvement des tarifs, dans ces dernières années, en Allemagne, en Autriche-Hongrie, en Russie, en Italie, etc. L'essai de la liberté du commerce en Europe, depuis 1860, n'aurait donc pas réussi. La France elle-même, qui a eu l'initiative de cet essai en 1860, a reconnu la nécessité de protéger, par quelques rehaussements de tarifs, les plus importantes de ses industries, assez gravement compromises, surtout au moment où nous écrivons. Quant à l'exemple donné de bonne heure par l'Angleterre, plus tard par la Belgique, il n'est nullement concluant, ces deux pays n'ayant pas à protéger leurs principales industries, qui défient la concurrence étrangère.

A notre avis, quand, à l'ombre de la protection, l'industrie d'un pays a pris un développement considérable et occupe un grand nombre d'ouvriers, si la concurrence intérieure ne suffit pas pour amener un abaissement des prix, par rapport à ceux de l'étranger, et si l'écart entre ces prix est sensible, nous reconnaissons qu'il est indispensable de recourir au stimulant de la concurrence étrangère. Mais, dans ce cas, il convient de ne procéder qu'avec mesure et de donner, par des avertissements préalables aux industries que la réduction des droits de douane doit atteindre, le temps de transformer leur outillage et, s'il y a lieu, de modifier leur organisation.

Il importe également de laisser aux ouvriers que la mesure peut laisser sans ouvrage, notamment en favorisant l'emploi de machines perfectionnées, le temps de trouver du travail ailleurs.

Nous reconnaissons, d'ailleurs, que le législateur, quand il veut procéder à une réforme douanière dans le sens de la liberté, court souvent le risque de dépasser le but, et que, s'il ouvre une enquête, son embarras est très grand au milieu des opinions contradictoires qui se produisent, au cours de cette enquête, sur l'état réel des industries intéressées.

Sans doute, le commerce, tant intérieur qu'extérieur, — mais ce dernier surtout, — sont fortement intéressés au plus grand développement possible des échanges internationaux; mais si la réforme douanière entraîne la ruine des industries qui en ont été l'objet, il en résulte une gêne sensible des populations qu'elles faisaient vivre, par suite une forte diminution des consommations de toute nature.

Les partisans de la liberté plus ou moins absolue des échanges partent, il est vrai, de ce prétendu principe, que les produits se payent avec des produits. S'ils classent les métaux précieux, en lingots ou en monnaies, parmi les produits, ils ont raison; ils ne l'ont pas dans le cas contraire. En effet, un pays affligé d'une série de mauvaises récoltes peut demander de fortes quantités de céréales à l'étranger, sans que ce dernier achète ses produits. C'est un fait que confirment toutes les statistiques commerciales.

Si les produits se payaient toujours avec des produits, l'excédent réciproque des importations sur les exportations ne présagerait en rien la prospérité industrielle d'un pays. Et cependant, si ce pays voyait diminuer ses exportations et augmenter ses importations de produits fabriqués, il faudrait bien en conclure que son industrie périclite. Or, c'est précisément ce qui se passe en France en ce moment. Il en serait autrement si l'excédent des importations portait exclusivement sur des matières premières et accidentellement sur des produits alimentaires, dans le cas d'une récolte, ou même d'une série de récoltes insuffisantes. C'est le spectacle que présente l'Angleterre, qui est obligée, par l'insuffisance croissante de sa production agricole, de recourir constamment aux céréales de l'étranger.

Les questions qui se rattachent au tarif douanier sont, d'ailleurs, très délicates, très épineuses, parce qu'elles sont très complexes. Et, par exemple, faut-il donner la préférence aux droits *ad valorem* ou aux droits *spécifiques?* Il est certain que les abus dont les premiers sont l'objet, malgré le droit de préemption accordé à la douane, sont si nombreux et, d'un autre côté, l'exercice fréquent de ce droit a de tels inconvénients, qu'on est généralement disposé à recourir aux seconds, qui, en définitive, sont aussi, dans une grande mesure, des droits *ad valorem.*

Quelles que soient les opinions sur le mérite du libre-échange, il importe que les tarifs douaniers ne soient remaniés que le plus rarement possible, l'instabilité de ces tarifs exerçant, sur le mouvement commercial, l'influence la plus défavorable. Il importe, en outre, que les réductions douanières soient, autant que possible, le résultat de négociations avec l'étranger et de concessions mutuelles. Mais dans le cas où ces concessions ne pourraient être obtenues, ce ne serait pas une raison, en l'absence de tarifs conventionnels, pour ne

pas modifier, dans un sens libéral, les tarifs généraux, s'ils avaient cessé d'être l'expression des besoins des industries nationales. Lors même qu'il en serait autrement, c'est-à-dire en cas d'impossibilité pour ces industries de donner satisfaction, par la modération de leurs prix, aux légitimes exigences des consommateurs, il y aurait lieu, pour les gouvernements, d'examiner s'il convient que ces derniers soient condamnés à perpétuité à payer plus cher que l'étranger les produits qui leur sont nécessaires.

Examinons maintenant les conditions générales dans lesquelles s'effectue le commerce extérieur.

Ce commerce se fait le plus souvent par l'intermédiaire de commissionnaires garantissant à l'industriel le paiement des produits qu'ils lui achètent pour les exporter. Ces commissionnaires ont, au pays de destination, des maisons de vente en gros ou en détail, ou de simples consignataires chargés d'écouler, au mieux des intérêts communs, les produits qu'ils reçoivent. Assez souvent cependant, les industriels nouent des relations directes avec des maisons étrangères et se passent ainsi de l'intermédiaire des commissionnaires. Dans ce cas, comme lorsqu'ils vendent à l'intérieur directement leurs produits, ils sont à la fois producteurs et marchands.

Dans quelle mesure les gouvernements peuvent-ils favoriser l'essor du commerce extérieur ?

Et d'abord, ils peuvent négocier, comme nous l'avons dit, avec l'étranger, des traités de réciprocité, tant au point de vue des droits de douane que des droits de navigation. Il importe surtout qu'ils aient, aux lieux signalés par l'importance des opérations commerciales, des agents consulaires dévoués et expérimentés, *parlant la langue du pays*, et en mesure d'apprécier les besoins des places où ils sont établis. Ces agents doivent renseigner le commerce de la nation qu'ils représentent, sur les goûts, les usages des populations au sein desquelles ils vivent et sur les produits qui leur sont le plus nécessaires, avec l'indication des prix auxquels les vendent, à qualité égale, les industries des principaux pays producteurs. Il importe, en effet, que l'importateur sache exactement, en ce qui concerne ces prix, s'il peut ou non soutenir la concurrence étrangère. La mode jouant un rôle considérable pour certains objets fabriqués, et les fantaisies qu'elle fait naître étant de peu de durée, le commerce doit être averti en temps utile, pour que l'expéditeur puisse opérer avec la célérité nécessaire.

Dans un temps où des différences de quelques centimes sur le prix d'un produit peuvent en déterminer ou en empêcher la vente, les plus rigoureuses économies sont nécessaires sur les frais de transport. Si donc la marine marchande du pays d'expédition demande des prix supérieurs à ceux des marines étrangères, il faut que l'expéditeur puisse recourir librement à ces marines. Quelques gouvernements, pour assurer au commerce de leur pays des transports sûrs et réguliers, subventionnent des compagnies de navigation maritime partant et arrivant à des dates déterminées. Ailleurs, des compagnies de cette nature se sont formées spontanément et opèrent avec leurs seules ressources, notamment en Angleterre et en Allemagne; mais la concurrence est devenue si active aujourd'hui que ces compagnies ne réalisent que des bénéfices très limités.

Les gouvernements doivent-ils venir en aide aux marines marchandes en souffrance par des primes aux constructions maritimes ? Nous estimons qu'en principe ils ne doivent pas plus faire de sacrifices pour une industrie que pour une autre, les sacrifices donnant lieu, presque toujours, en outre, à des spéculations qui en compromettent l'effet. Il est préférable que les encouragements du gouvernement prennent la forme d'une exonération complète des droits de douane sur les matières premières nécessaires à la construction et à l'armement des navires, et de plus grandes facilités données à la nationalisation des bâtiments achetés à l'étranger. Il ne faut pas, d'ailleurs, se faire d'illusion à ce sujet : un pays qui n'exporte que des produits d'une certaine valeur, sous un faible poids ou volume, ne fournira jamais à sa marine marchande un frêt suffisant, surtout si ce pays a supprimé l'emploi obligatoire du pavillon national pour l'intercourse avec ses colonies. Tel est le cas de la France.

La création de nouveaux établissements coloniaux est certainement de nature à donner une vive impulsion au commerce extérieur d'un pays; mais c'est à la condition que cette création n'aura pas lieu au sein de populations irréconciliables, exigeant l'entretien de forces militaires considérables et sous un climat meurtrier pour les Européens. On ne sait pas assez ce que l'occupation de l'Algérie, au milieu des continuelles insurrections des indigènes et sous l'influence délétère de son climat, a coûté en hommes et en argent, à la France. Cette cruelle expérience n'a pas empêché que nous la renouvelions par la prise de possession de la Tunisie.

L'abrègement des distances est évidemment un des grands éléments de succès du commerce extérieur. Aussi la découverte d'une grande route maritime nouvelle qui a cet abrégement pour résultat, est-elle une précieuse conquête. L'ouverture du canal de Suez en est la preuve. Aussi les percements d'isthmes sont-ils, en ce moment, l'objet d'une légitime faveur (isthme de Panama, isthme de Corinthe).

La substitution de la vapeur à la voile dans les constructions maritimes conduit au même résultat. Ajoutons que le remplacement des petits par les grands navires produit des économies, qui déterminent un abaissement du prix du frêt. La substitution du fer au bois, pour les mêmes constructions, n'a pas complètement répondu aux espérances qu'elle avait fait naître.

Nous avons mentionné l'heureuse influence sur le commerce extérieur de la réduction des taxes postales et télégraphiques. Elle a conduit, pour les relations postales, au traité international de

1878 qui a consacré cette réduction sur une large échelle. Il est à regretter que, par l'insuffisance de la concurrence, les correspondances télégraphiques internationales rencontrent, dans l'énormité des prix, de très grands obstacles.

La navigation maritime absorbant environ les 2/3 des transports, les gouvernements ont le devoir de prendre toutes les mesures qui peuvent diminuer les chances de naufrage, notamment en empêchant les chargements excessifs, les départs de navires hors d'état de résister à une grosse mer; en subordonnant à des examens sévères et à une pratique d'une certaine durée les nominations aux emplois de capitaines au long cours; en éclairant les côtes; en créant des observatoires maritimes, chargés d'étudier la marche des ouragans et de donner, dans les ports, d'utiles avertissements aux navires en partance.

Les gouvernements ont, dans le même intérêt, d'autres devoirs à remplir. Ils doivent créer des écoles de commerce où l'enseignement pratique tienne le premier rang, et où celui des langues étrangères occupe une place importante. L'Allemagne a pris, depuis longtemps, l'initiative de créations de cette nature. Les riches négociants de ses ports envoient, tous les ans, compléter, sur place, l'enseignement qu'ils ont reçu dans les écoles spéciales, les meilleurs élèves de ces écoles, et ces jeunes gens sont tenus de faire preuve, par l'envoi fréquent de rapports détaillés, des plus sérieuses études.

Les gouvernements, pour étendre les débouchés des industries nationales, envoient souvent des expéditions, pacifiques d'abord, militaires au besoin plus tard, pour négocier des traités de commerce avec les petits souverains de l'Afrique, de l'Asie et de la Polynésie. Quelques-uns, comme la France et l'Angleterre, sont même allés jusqu'à imposer à de grands Etats orientaux, comme la Chine, par exemple, et à main armée, l'ouverture de leurs ports au commerce européen.

Ces mêmes gouvernements, dans l'intérêt du commerce, tant intérieur qu'extérieur, ont créé des institutions représentatives spéciales, sous le nom de chambres de commerce ou simplement de chambres consultatives, selon l'importance des régions intéressées, et, au-dessus de ces chambres, de conseils supérieurs auprès des ministères compétents (V. CHAMBRES CONSULTATIVES et CHAMBRES DE COMMERCE). Certains pays, comme l'Angleterre, par exemple, ont même établi des chambres de commerce à l'étranger, sur les places les plus fréquentées par leurs industriels.

Mentionnons encore, comme un vif stimulant à la fois pour le commerce et l'industrie, ces grandes *Expositions* où tous les pays sont invités à venir en quelque sorte mesurer leurs forces industrielles. Il est à regretter seulement qu'elles ne soient pas fréquentées par les producteurs qui craignent qu'on leur prenne le secret de leurs inventions ou améliorations.

Mais la cause la plus importante du développement du commerce extérieur est dans les efforts des intéressés eux-mêmes pour s'ouvrir de nouveaux débouchés, notamment par l'abaissement des prix de leurs produits, abaissement réalisé à l'aide de la substitution progressive des machines aux bras, de l'arrivée à de moindres frais des matières premières à l'usine et des produits aux lieux de destination. Ces efforts sont, d'ailleurs, favorisés par la diminution du taux de l'escompte sur presque toutes les places du monde; par les progrès de la civilisation dans les régions transatlantiques, et de la sécurité qui en résulte pour la vente des produits, et pour le recouvrement des créances; par le développement de l'assurance maritime, qui répare, dans une grande mesure, les conséquences des naufrages; par la suppression, à peu près générale, de la piraterie; par les progrès du droit international, qui seront tels un jour, il faut l'espérer, qu'en temps de guerre, les navires des belligérants pourront transporter, en toute sûreté, les marchandises autres que les munitions de guerre; par la suppression des monopoles coloniaux au profit, soit de compagnies privilégiées, soit des gouvernements eux-mêmes, suppression dont l'Angleterre a donné l'exemple par celle de l'ancienne et puissante Compagnie des Indes.

Le plus grand élément de succès du commerce extérieur serait l'établissement définitif de la paix, si les gouvernements, renonçant à leurs vues ambitieuses, à leurs projets d'agrandissement au détriment des pays voisins, s'entendaient pour constituer un arbitrage international, établi dans les conditions d'impartialité rigoureuse et rendant des décisions obligatoires.

Si les perturbations politiques arrêtent l'essor du commerce intérieur, elles exercent la même influence sur le mouvement des transactions internationales. Il est évident que, dans un pays où le négociant n'est pas certain, à son retour d'une absence de quelque durée, de retrouver son usine ou ses magasins, il lui est impossible d'engager des opérations à long terme; or, ce sont ces opérations qui jouent le plus grand rôle dans les échanges avec l'étranger. L'Angleterre doit, en grande partie, le développement incessant de son commerce extérieur à la profonde sécurité politique dont elle a joui jusqu'ici.

Cette observation s'applique au plus grand nombre des autres Etats de l'Europe, la France exceptée. C'est, par la même raison, que l'Angleterre n'est pas seulement le plus grand pays d'exportation, mais encore d'entrepôt des deux mondes, les expéditeurs de tous les pays y envoyant leurs produits en toute confiance, certains, avant tout, qu'ils y seront en toute sécurité, puisqu'ils s'y vendront le plus promptement et aux meilleures conditions possibles. C'est encore par la même raison, que la Banque d'Angleterre reçoit des dépôts de toutes les parties du monde.

Le commerce extérieur court des risques nombreux; par suite, il exige des capitaux importants. Ces risques sont, tout d'abord, les naufrages, que les assurances ne couvrent jamais intégralement. Viennent ensuite: la mauvaise foi des débiteurs étrangers; l'arrivée tardive, par des cas de force majeure ou autrement, des produits aux lieux de destination, par suite, leur vente à perte; les al-

térations que plusieurs de ces produits subissent (notamment les denrées alimentaires et certaines matières premières), comme conséquence d'un séjour prolongé dans les entrepôts ou chez les consignataires; des informations inexactes sur les prix et les autres conditions de placement des marchandises; de brusques altérations dans le taux du change des monnaies, déterminées par une circulation fiduciaire excessive, et obligeant l'importateur à recevoir en payement une monnaie dépréciée.

Un risque très grave résulte des crises commerciales aussi fréquentes dans les échanges internationaux que dans le commerce intérieur. Elles sont généralement dues à une production exagérée, c'est-à-dire qui a dépassé notablement les besoins de la consommation, ou d'événements graves dans les pays d'importation et d'exportation, comme, par exemple, une guerre entre deux grandes puissances.

Le commerce extérieur comprend, en dehors des matières premières et des denrées alimentaires, tous les objets fabriqués possibles. La création de ces objets dépend des aptitudes industrielles des diverses nations. Il est des pays qui ont presque le monopole de certaines productions. Ainsi, pour les céréales, les pays exportateurs sont surtout les Etats-Unis, puis, mais à une grande distance, la Russie, l'Autriche-Hongrie et l'Inde depuis l'ouverture du canal de Suez.

Disons à ce sujet qu'un des grands bienfaits des progrès considérables du commerce des céréales est ce fait que, non seulement les famines et les disettes sont désormais impossibles, mais encore que les grandes chertés, malgré la pénurie accidentelle des récoltes dans les pays importateurs, deviennent de plus en plus rares.

Parmi les denrées alimentaires, les viandes sur pied viennent surtout de la Hollande, des pays scandinaves, puis de l'Allemagne et de l'Autriche-Hongrie et depuis quelque temps des Etats-Unis; les viandes abattues, fraîches ou fumées, des Etats-Unis, du Canada et des républiques de la Plata. L'origine des denrées dites *coloniales* (sucre, café, thé, poivre, épice, riz) est connue. Les fruits frais sont fournis par la France, l'Italie et la Grèce. La France et la Hollande livrent au commerce le plus de légumes, de farineux, d'œufs et de fromages. Les vins de France, aujourd'hui, d'ailleurs, en très petite quantité, se retirent devant ceux de l'Italie, de l'Espagne et du Portugal.

Les deux plus importantes matières premières de l'industrie, la houille et le fer, ont l'Angleterre, la Belgique, l'Allemagne et la Suède (fers) pour principaux points d'exportation. Le commerce s'approvisionne de bois d'œuvre en Scandinavie, en Allemagne et au Canada; de bois d'ébénisterie, dans les régions équatoriales, qui nous donnent aussi les produits pharmaceutiques (quinquina, salsepareille, opium, etc., etc.).

Les cotons viennent surtout des Etats-Unis, puis, de l'Egypte et de quelques parties de l'Inde. Les laines les plus employées sont originaires de l'Australie; l'Allemagne produit certaines variétés d'une grande finesse. La soie vient de la Chine, du Japon, de l'Italie et, au quatrième rang, depuis l'invasion de la pébrine, de la France.

Au premier rang des produits industriels se place la métallurgie (rails, machines, outils, quincaillerie, etc.), qui a pour principaux sièges l'Angleterre, la Belgique, l'Allemagne, puis la France. Les cotonnades sont exportées, en quantités énormes, par l'Angleterre, puis par l'Allemagne, surtout depuis l'annexion de l'Alsace. Les soieries françaises continuent à être recherchées dans le monde entier, malgré leur haut prix; mais elles rencontrent une concurrence redoutable dans celles de l'Angleterre, de l'Allemagne (Crefeld) et de la Suisse. L'Angleterre envoie dans tous les pays ses lainages communs. Les lainages fins de la France trouvent, dans leur prix élevé, un obstacle à leur exportation. L'Allemagne fait un commerce actif de bijoux à fort alliage et, par suite, à bon marché; les bijoux fins de la France sont toujours recherchés. Il en est de même de ses bronzes d'art et de ses articles dits *de Paris*, que Berlin toutefois commence à fabriquer avec succès. L'horlogerie suisse est plus recherchée que celle de France et d'Allemagne; l'horlogerie de précision de l'Angleterre est sans rivale, mais très chère; il en est de même de ses armes à feu. L'Allemagne exporte avec succès ses pianos et ses instruments de cuivre; la France ses instruments à cordes. Les meubles de luxe français n'ont pas de concurrents. La ganterie du même pays lutte avec succès contre celle de la Belgique et de l'Angleterre. Sa carrosserie est la première du monde. L'Allemagne a le monopole des jouets d'enfants (Nuremberg). C'est en France que les familles riches commandent les corbeilles de noces et les layettes. — A. L.

STATISTIQUE.

Nous donnons, à titre de document pour les encyclopédistes de l'avenir, le mouvement actuel du commerce extérieur de la France, que nous empruntons à l'*Economiste français*. Pour donner une idée exacte de l'importance réelle de ce commerce, nous commencerons par rappeler ici les chiffres des échanges effectués pendant la période décennale qui a précédé 1876.

	Importation	Exportation
1867.	3.026.514.000	2.825.910.000
1868.	3.303.729.000	2.789.914.000
1869.	3.153.071.000	3.074.941.000
1870.	2.867.448.000	2.802.099.000
1871.	3.556.670.000	2.872.497.000
1872.	3.570.320.000	3.761.623.000
1873.	3.554.789.000	3.787.306.000
1874.	3.507.705.000	3.701.109.000
1875.	3.536.654.000	3.872.632.000
1876.	3.950.174.000	3.569.891.000

Il ressort de ce tableau que notre importation a suivi un mouvement ascensionnel qui s'est momentanément arrêté en 1870, pendant la guerre, qui a repris en 1871 pour atteindre, en 1872, un chiffre remarquablement élevé. Les années 1873 et 1874 ont été signalées par une décroissance accentuée; mais, en 1875, une reprise s'est annoncée qui nous a fait atteindre, enfin, en 1876, le plus haut chiffre d'importation qui ait jamais figuré sur nos tableaux de douanes. Entre les résultats de 1867 et ceux de 1876, l'augmentation à l'importation est de 30 0/0.

L'exportation a été plus variable. Nous la voyons s'élever, en 1869, au chiffre de 3,074,941,000 francs. Les

années 1870 et 1871 arrêtent court ce bel élan. En 1872, 1873 et 1874, notre exportation dépasse tonjours 3,700 millions de francs. En 1875, elle s'élève à 3,872,632,000 francs. L'année 1876 est loin de présenter des résultats aussi brillants. C'est par 3,569,891,000 francs que se chiffre notre exportation, accusant une diminution de 302 millions de francs, si on la compare à l'exercice précédent. Mais ne vaut-il pas mieux prendre un autre terme de comparaison? En rapprochant les résultats de 1876 des plus brillants résultats obtenus avant la guerre, c'est-à-dire des chiffres de 1869, on constate une augmentation de 495 millions de francs. Si l'on veut une comparaison plus favorable encore, on la trouve en prenant le mouvement de l'exportation de 1867. L'augmentation en faveur de 1876 est alors de 744,000,000 de francs, soit 26 0/0.

Nous arrivons aux dernières années; le lecteur trouvera dans ce qui suit matière à sérieuses réflexions.

Jusqu'à la fin de septembre 1882, on pouvait espérer que l'année donnerait d'excellents résultats. L'importation avait une tendance marquée à reprendre son niveau normal et l'exportation réalisait mensuellement des augmentations notables; malheureusement, le dernier trimestre a été mauvais, surtout pour l'exportation. Une partie du terrain conquis a été reperdue pendant les trois derniers mois.

Malgré ce contre temps, l'année 1882 accuse encore, en fin d'exercice, des chiffres supérieurs à ceux de 1881.

	1882	1881
Importations.	4.972.070.000	4.863.408.000
Exportations.	3.596.164.000	3.561.504.000
Total.	8.568.234.000	8.424.912.000

Voici maintenant comment se décompose le mouvement général de nos échanges en 1882 et en 1881 :

Importation.

	1882	1881
Objets d'alimentation	1.686.860.000	1.690.365.000
Matières nécessaires à l'industrie	2.314.203.000	2.320.604.000
Objets fabriqués. . .	673.503.000	574.702.000
Autres marchandises	297.504.000	277.737.000
Total.	4.972.070.000	4.863.408.000

Exportation.

	1882	1881
Objets d'alimentation	866.515.000	871.618.000
Matières nécessaires à l'industrie	695.120.000	671.347.000
Objets fabriqués. . .	1.857.499.000	1.836.109.000
Autres marchandises	177.032.000	182.430.000
Total.	3.596.164.000	3.561.504.000

On remarquera que la seule catégorie qui présente de l'augmentation à l'importation est celle des matières premières.

Parmi les marchandises principales, celles dont l'importation a diminué sont, dans la catégorie des objets d'alimentation : les légumes secs : 31,850,000 francs en 1881 et 30,082,000 francs en 1882; les fruits de table : 72 millions de francs en 1881 et 71,810,000 francs en 1882; les vins : 363,924,000 francs en 1881 et 351,744,000 en 1882; les graisses : 55,877,000 francs en 1881 et 35,316,000 francs en 1882, et l'huile d'olive : 34,088,000 francs en 1881 et 25,550,000 francs en 1882.

Dans la catégorie des matières premières on constate des diminutions sur la soie : 391 millions de francs en 1881 et 345 millions de francs en 1882; sur le coton : 225,470,000 francs en 1881 et 210,509,000 francs en 1882; sur les graines oléagineuses : 123,547,000 francs en 1881 et 108,342,000 francs en 1882; sur les fruits oléagineux : 49,664,000 francs en 1881 et 43,879,000 francs en 1882; sur le cuivre : 44,205,000 francs en 1881 et 40,850,000 fr. en 1882; sur le zinc : 16,430,000 francs en 1881 et 12,873,000 francs en 1882; sur les plumes de parure : 27,063,000 francs en 1881 et 25,636,000 francs en 1882.

Dans la catégorie des produits fabriqués, quelques articles ont eu, en 1882, une importation moins soutenue qu'en 1881. Sont dans ce cas : les nattes et tresses de paille : 40.687,000 fr. en 1881 et 39,582,000 fr. en 1882; les tissus le soie : 49,571,000 francs en 1881 et 41,293,000 francs en 1882; les tissus de coton : 72,444,000 francs en 1881 et 69,295,000 francs en 1882.

Voyons maintenant les articles d'importation qui ont réalisé des augmentations en 1882 :

Importation.

Objets d'alimentation.	1882	1881
Grains et farines.	524.727.000	519.600.000
Riz.	41.230.000	23.335.000
Eaux-de-vie et esprits. . .	30.797.000	25.896.000
Sucres.	137.164.000	131.520.000
Bestiaux.	170.985.000	144.293.000
Morues et autres poissons	43.261.000	40.646.000
Matières premières.		
Peaux et pelleteries. . . .	166.892.000	162.042.000
Laines.	319.066.000	312.198.000
Jute	17.870.000	14.913.000
Lin.	76.578.000	69.804.000
Drilles.	15.263.000	12.459.000
Fourrage.	13.032.000	7.895.000
Bois à construire.	195.131.000	156.807.000
Merrains.	45.922.000	41.324.000
Houilles.	179.714.000	170.665.000
Minerais de toute sorte . .	41.381.000	36.415.000
Fontes.	15.548.000	13.376.000
Fers.	21.197.000	18.754.000
Acier.	10.292.000	6.111.000
Plomb.	22.219.000	20.258.000
Indigo.	26.872.000	24.683.000
Objets fabriqués.		
Nitrates de soude et de potasse.	29.263.000	17.622.000
Fils de lin et chanvre. . .	13.153.000	9.834.000
Fils de coton.	39.011.000	37.447.000
Fils de laine.	15.993.000	14.331.000
Fils de poils de chèvre . .	10.594.000	6.276.000
Tissus de laine.	89.130.000	76.991.000
Peaux préparées.	35.427.000	33.370.000
Machines et mécaniques .	87.434.000	66.602.000
Bâtiments de mer en fer.	53.343.000	21.164.000
Autres ouvrages en métaux.	28.946.000	19.408.000
Objets de collection. . . .	14.040.000	12.440.000

Le tableau de l'exportation nous offre un très grand nombre d'articles dont le mouvement a progressé à un petit nombre de marchandises dont le mouvement a, au contraire, diminué. Nous allons nous occuper d'abord de ceux pour lesquels l'année 1882 n'a pas été favorable.

Les grains et farines sont dans ce cas. En 1881, ils avaient fourni un chiffre de 95,265,000 francs à l'exportation; en 1882, ils ne représentent plus qu'un total de 61,353,000 francs, soit une diminution de 33,912,000 fr.

L'exportation des eaux-de-vie et liqueurs donne les résultats suivants : 76,757,000 francs en 1881 et 68,559,000 francs en 1882.

L'exportation des poissons de mer se chiffre par 35,754,000 francs en 1881 et par 28,470,000 francs en 1882. Enfin, l'exportation des œufs est descendue de 29,473,000 francs, résultat de 1881, à 27,435,000 francs en 1882.

Dans la catégorie des matières premières, on signale une diminution de 20 millions et demi à l'exportation du coton : 64,140,000 francs en 1881 et 43,627,000 francs en 1882. Les bois à construire, les tourteaux, les meules à moudre, le cuivre pur ou allié, les pierres et terres servant aux arts et métiers accusent des diminutions légères.

Les objets fabriqués repris dans le tableau ci-dessous ont suivi aussi une marche décroissante en 1882 :

Exportation.

Diminutions.	1882	1881
Tabletterie, bimbeloterie.	83.419.000	144.839.000
Modes et fleurs artificielles	38.543.000	45.003.000
Meubles et ouvrages en bois	25.423.000	37.054.000
Confections (vêtements et lingerie)	74.595.000	94.793.000
Ouvrages en peau	164.197.000	169.088.000
Orfèvrerie et bijouterie	64.963.000	65.707.000
Articles et ouvrages en métaux	65.953.000	70.588.000
Armes	2.846.000	5.116.000

La diminution résultant de ce tableau est de 61 millions sur la tabletterie; de 6,400,000 francs sur les modes; de 7,631,000 francs sur les meubles; de 20,198,000 francs sur les confections. Elle affecte principalement la fabrique parisienne.

Comme contrepartie à ce tableau sombre, nous allons grouper, dans un état, les principales marchandises dont l'exportation a progressé pendant l'année dernière.

Exportations.

Objets fabriqués.	1882	1881
Tissus de soie	301.419.000	245.128.000
— de laine	398.222.000	360.717.000
— de coton	96.800.000	88.213.000
— de lin et chanvre	27.776.000	23.531.000
Fils de coton	3.539.000	2.497.000
Peaux préparées	103.087.000	100.222.000
Chapeaux de feutre, etc.	15.641.000	9.963.000
Horlogerie	22.651.000	16.441.000
Machines et mécaniques	27.413.000	26.036.000
Carrosserie	8.535.000	4.003.000
Objets de collection	13.944.000	12.456.000
Faïence et porcelaine	14.150.000	12.640.000
Produits chimiques autres	45.209.000	41.604.000
Matières premières.		
Huiles de graines grasses	20.827.000	14.448.000
Drilles	23.019.000	21.772.000
Graines à ensemencer	18.761.000	16.406.000
Peaux et pelleteries brutes	75.366.000	64.896.000
Plumes de parure	30.128.000	24.802.000
Soies et bourres	219.531.000	197.115.000
Chevaux	14.504.000	11.042.000

Le fait le plus saillant de ce tableau est l'augmentation de l'exportation des tissus de soie qui se chiffre par 56 millions, et celle des tissus de laine qui s'élève à 37 millions de francs.

Il nous reste encore à signaler les augmentations réalisées par les objets d'alimentation.

Les vins, qui avaient donné lieu à une exportation de 252,816,000 francs en 1881, atteignent le chiffre de 256,700,000 francs en 1882. Le beurre, dont l'exportation était tombée à 85 millions de francs en 1881, se relève et donne pour 1882 un total de 105,393,000 francs. Le sucre raffiné, les bestiaux, les graisses, les farineux élémentaires, les légumes, les fruits de table, l'huile d'olive et le sucre brut indigène réalisent, d'autre part, des augmentations peu importantes.

COMMETTAGE. *T. de mar.* Opération qui consiste à confectionner un câble en réunissant des torons ou des fils déjà tordus. Un bon commettage doit avoir son tors parfaitement uni sur toute la longueur du cordage commis. — V. Câble.

COMMETTRE. *T. de cord.* Tordre plusieurs fils de caret réunis. — V. Câble.

COMMODE. Armoire basse, mobile, munie de trois grands tiroirs à poignées ou à bouton, et ordinairement ornée d'un dessus de marbre. || *Toilette-commode.* Sorte de commode dont la partie supérieure contient un lavabo.

COMMUNAUTÉS OUVRIÈRES. Un certain nombre d'historiens et d'économistes emploient le mot *communauté* comme synonyme de *corporation*, et l'appliquent aux associations commerciales et industrielles qui se sont perpétuées en France jusqu'au siècle dernier. L'expression peut paraître impropre, surtout en ce qui concerne les groupes ouvriers composés des jurés, ou prud'hommes, des patrons, des valets et des apprentis. Tout n'était pas commun, en effet, entre ces divers agents du travail, et si le métier leur appartenait à tous, s'ils se partageaient, dans des proportions définies par les règlements, les produits du monopole que leur assurait la législation du temps, ce partage n'avait rien qui rappelle l'utopie communiste de nos jours. L'appellation se justifie cependant dans une certaine mesure, et voici à quel point de vue il faut se placer pour la comprendre :

— La communauté ouvrière ressemblait à la communauté religieuse : elle excluait l'individualité, le particularisme, et c'est sans doute ce qui lui a valu le nom sous lequel plusieurs écrivains persistent à la désigner. Au moyen âge, l'ouvrier ne travaillait pas chez soi, « en chambre, » mais en atelier, chez un maître et fenêtres ouvertes, sous l'œil du public juge de la loyauté du travail. Le patron et la patronne surveillaient les apprentis, dirigeaient les valets et recevaient la visite des jurés; chaque atelier était donc une famille ouvrière, et l'ensemble de ces petites communautés en constituait une grande. A cette différence près qu'on priait au couvent tandis qu'on travaillait à l'atelier, c'était bien le régime du réfectoire, du dortoir, du *scriptorium* ou salle de copie, telle qu'il en existait dans tous les monastères de l'ordre de Saint-Benoît. De là, selon toute apparence, le mot de *communauté* servant à désigner la ruche ouvrière.

Les associations commerciales, importées en notre pays par la conquête romaine, offraient également, dans une certaine mesure, l'image et la ressemblance du couvent : les *nautes parisiens*, ou confrères hansés, formaient originairement l'équipage des bateaux naviguant sur la Seine, et rien ne ressemble plus à une communauté que le personnel d'une embarcation.

Plus tard, l'esprit de particularisme et d'individualité, qui est au fond de la nature humaine, se dégagea dans la mesure compatible avec le principe d'association. C'est alors que la corporation prit insensiblement la place de la communauté, et que les différents ateliers conquirent une certaine indépendance, tout en se rattachant à l'ensemble du métier par le lien corporatif.

Il résulte de cet exposé sommaire que les rubriques *corporations*, *régime corporatif*, *corps d'arts et métiers* s'appliquent plus exactement et plus complètement au monde du travail, tel qu'il était organisé autrefois; nous renvoyons donc le lecteur aux articles Corporation, Corps d'arts et métiers.

COMMUTATEUR. *T. de phys.* Les commutateurs sont des instruments accessoires dont on se sert dans les expériences d'électricité, dans les installations télégraphiques et autres installations se rapportant aux applications de l'électricité, pour changer facilement les communications entre les fils conducteurs du courant, envoyer le courant ou le supprimer à volonté sur une direction ou sur une autre, intervertir le sens de son passage dans une partie du circuit, mettre à volonté un appareil dans le circuit ou hors du circuit.

Pour amener le courant du fil O à l'un des fils 1, 2, 3 on emploie le commutateur rond à manette ou le commutateur carré à chevilles.

Commutateur rond. Il se compose d'un disque en bois ou en ébonite sur les bords duquel sont incrustées des pièces de cuivre *a, b, c*, munies de trous dans lesquels on engage les bouts des fils conducteurs ; des vis maintiennent les fils et assurent leur contact avec les pièces de cuivre. Au centre du disque est un axe métallique portant un ressort recourbé R, qu'on peut faire tourner au moyen de la manette M. L'axe et par suite le ressort communiquent, par une lame de cuivre fixée sur le disque, avec le trou auquel aboutit le fil O. En tournant le ressort, son extrémité appuie successivement sur de petites gouttes métalliques surmontant les pièces *a, b, c*, et on fait ainsi communiquer à volonté le fil O avec un des fils 1, 2, 3. La figure 400 représente un commutateur à 3 directions. Si le ressort repose sur le bois ou l'ébonite du disque, toute communication entre les fils est interrompue. Ce commutateur est donc en même temps un *interrupteur*.

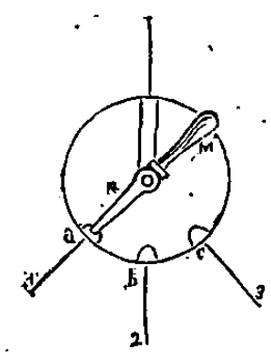


Fig. 400.

Commutateur carré, dit aussi *commutateur bavarois*. Il consiste en un socle carré en ébonite sur lequel sont fixés des blocs métalliques rectangulaires disposés comme l'indique la figure 401 et entre lesquels on établit le contact par l'introduction d'une cheville métallique à tête isolante, qui pénètre dans les trous ménagés entre le bloc O et les blocs 1, 2, 3. Les fils sont fixés sur ces blocs à l'aide de vis de pression. Pour assurer le contact, la partie de la cheville qui pénètre dans le trou est, soit massive et conique, soit creuse et fendue de manière à former ressort. En enlevant la cheville, on coupe la communication.

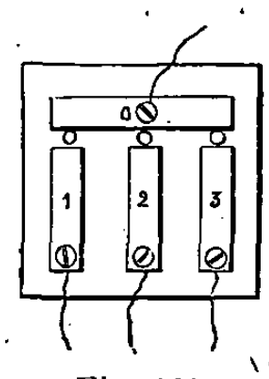


Fig. 401.

Un petit instrument de ce genre composé seulement de deux blocs A, B (fig. 402) permet de mettre à volonté un appareil G (galvanomètre, récepteur, sonnerie) dans le circuit ou hors du circuit, sans interrompre le courant. Si les blocs sont isolés l'un de l'autre, le courant passe du fil 1 au fil 2 à travers G ; mais si on introduit la cheville métallique entre A et B, le courant va directement de 1 à 2 à travers les blocs qui lui offrent un passage sans résistance : c'est ce qu'on appelle établir un *court circuit*.

Les commutateurs à chevilles présentent des formes très variées suivant les usages auxquels

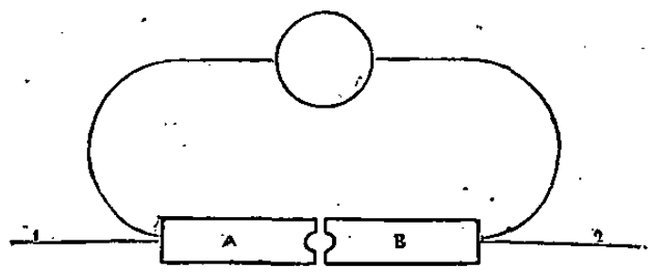


Fig. 402.

ils sont destinés, mais un simple coup d'œil jeté sur leur disposition permet de se rendre compte de leur fonctionnement.

Permutateur ou **commutateur Suisse** Cet appareil permet de relier à volonté l'un des fils de la série 1, 2, 3, 4 à l'un des fils de la série 1', 2', 3', 4'. Il se compose de deux séries de lames de cuivre, disposées parallèlement dans chaque série, et à angles droits d'une série à l'autre. Deux lames appartenant à chacune des séries sont l'une au-dessus de l'autre, et ne se touchent point, mais des trous percés aux points de croisement permettent de les mettre en communication ; car une cheville métallique enfoncée dans un des trous supérieurs, pénètre dans le trou inférieur correspondant et établit ainsi le contact entre la lame supérieure et la lame inférieure en regard. Une quelconque des lames supérieures peut ainsi être mise en communication avec une quelconque des lames inférieures. Ce permutateur donnera donc le moyen d'amener le courant d'un des fils de ligne 1, 2, 3, 4 sur l'un des récepteurs reliés aux fils 1', 2', 3', 4', ou le courant de l'une des piles 1, 2, 3, 4 à l'un des postes 1', 2', 3', 4'. C'est à cet usage qu'il est employé dans les bureaux télégraphiques.

Commutateurs muraux ou **rosaces.** Dans les grands bureaux, les fils conducteurs, recouverts d'enveloppes isolantes, pénètrent sous forme de câbles, arrivent à la rosace par une ouverture centrale, s'épanouissent sur son pourtour et aboutissent à une série de serre-fils disposés en cercle autour de l'ouverture. Une seconde série de serre-fils, concentrique à la première, reçoit la seconde série de conducteurs reliés aux appareils ou aux autres fils à raccorder aux premiers. Enfin chaque serre-fils de la série n° 1 est relié au serre-fils de la série n° 2 situé sur le même rayon. L'égalité de longueur des fils entre l'ouverture centrale et la circonférence de l'une ou l'autre des séries, permet d'effectuer facilement les permutations.

Commutateurs-inverseurs. Ils servent à changer le sens du courant, tantôt dans tout le circuit en intervertissant les pôles de la pile, tantôt dans un récepteur ou un galvanomètre en intervertissant les fils aux bornes d'entrée et de sortie.

Les inverseurs carrés ou circulaires à chevilles (fig. 403) sont les plus simples.

Quatre blocs Z, C, L, T, sont disposés comme

l'indique la figure sur un socle d'ébonite ; des chevilles métalliques, introduites dans les intervalles qui séparent les blocs contigus, établissent la communication de l'un à l'autre : Z et C sont reliés aux pôles zinc et cuivre de la pile, L à la ligne et T à la terre. Si on place des chevilles entre C et L et entre Z et T, le cuivre est à la ligne et le zinc à la terre ; si on les place entre Z et L et entre C et T, c'est l'inverse.

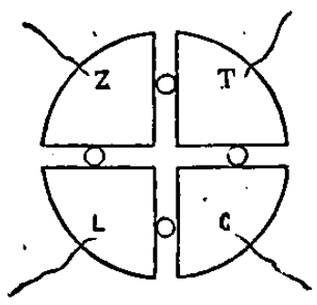


Fig. 403.

Si L et T aboutissent aux bornes d'un galvanomètre, le même instrument permettra de changer le sens du courant dans le galvanomètre.

La figure 404 représente un *inverseur à ressort* en usage dans les installations de postes télégraphiques. Deux ressorts métalliques sont rendus solidaires l'un de l'autre par une manette isolante M. Les axes de ces ressorts sont en communication respective avec les bornes C et Z reliées aux pôles de la pile. Dans la figure 404, les ressorts appuient sur les contacts *a* et *b* reliés l'un à la ligne, l'autre à la terre ; mais en poussant la manette vers la gauche, ils appuient sur les contacts *b* et *c*, le contact *c* étant relié à *a*. Dans la première position le cuivre est à la ligne et le zinc à la terre, et dans la seconde le cuivre est à la terre et le zinc à la ligne.

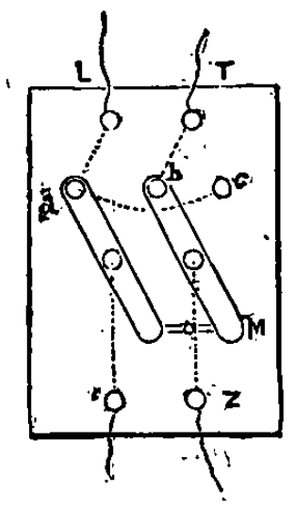


Fig. 404.

Commutateur des machines magnéto et dynamo-électriques. Dans ces machines, les courants alternatifs sont transformés en un courant continu à l'aide de commutateurs qui changent la direction de l'un des courants au moment de l'inversion.

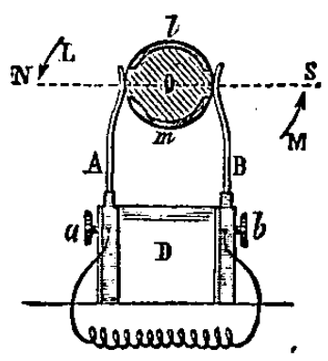


Fig. 405.

Souvent, comme dans la figure 405, l'axe de la machine se termine par un commutateur *à rouleau* : deux ressorts ou balais A et B, reliés aux électrodes, pressent contre le rouleau isolant O muni de ses deux garnitures métalliques *l* et *m*. Le courant change de signe au moment où les deux ressorts se trouvent sur la ligne d'interruption NS, en passant d'une garniture sur l'autre. — J. R.

COMPAGNON. Camarade d'atelier, de chantier. || Ouvrier qui travaille pour le compte d'un industriel, d'un entrepreneur. || — V. l'art. suivant.

COMPAGNONNAGE. Ce mot a deux sens bien distincts, selon qu'on l'emploie pour désigner la condition des ouvriers non reçus à la maîtrise sous l'ancien régime corporatif, ou qu'on l'applique aux associations de secours et de placement que les travailleurs modernes ont formées entre eux.

Aujourd'hui comme autrefois, le compagnon est l'auxiliaire du patron ; il a sa part dans le travail et dans le bénéfice communs ; mais la situation du « valet », au moyen âge, était quelque peu différente de celle de l'ouvrier contemporain. Agrégé, dès son apprentissage à une corporation industrielle, l'ouvrier d'autrefois y occupait un rang défini ; il bénéficiait de ses privilèges et était tenu d'observer les statuts qui la régissaient. Il ne pouvait s'unir à ses camarades, se *syndiquer*, comme on dit et comme on fait aujourd'hui, pour opposer puissance à puissance. Sous l'ancien régime, il existait donc des *compagnons*, mais il ne pouvait y avoir de *compagnonnage* dans le sens absolu de ce mot. Ni ouvriers libres, ni ouvriers associés entre eux, tous auxiliaires du patron, tous membres d'une corporation réglementée, protectrice des droits et rigoureuse observatrice des devoirs de chacun, telle était jadis la condition des travailleurs auxiliaires. Celle des ouvriers modernes n'a ni les mêmes avantages ni les mêmes inconvénients : beaucoup plus libres, mais beaucoup moins protégés, ils se sont sentis faibles dans leur isolement, et ils ont éprouvé le besoin de se fortifier en se groupant. Le « compagnon du tour de France » eut passé, au moyen âge, pour un vagabond, un « houlier » comme on disait alors, et le compagnonnage, cette franc-maçonnerie industrielle de notre temps, eut semblé une sorte de Jacquerie. Cette diversité de situation s'explique par la différence d'état social ; sous l'ancien régime, tout était hiérarchisé ; la communauté absorbait et classait l'individu. De notre temps, au contraire, chacun organise son travail et sa vie comme il l'entend ; on s'isole, ou l'on s'associe librement, dans la forme et selon la mesure que l'on juge le plus utile à ses intérêts. De là une assez grande dissemblance entre le régime auquel était soumis le « valet » d'autrefois et le mode d'existence que s'est fait le compagnon d'aujourd'hui.

— Au XIIIe siècle, le mot *ouvrier*, pris dans un sens général, s'appliquait indistinctement à tous les travailleurs, membres des corporations industrielles. Ceux qui n'étaient pas maîtres se nommaient *valets*, *varlets* ou *sergents*, termes empruntés au langage féodal pour désigner les officiers d'un ordre inférieur. On trouve encore, dans les anciens documents, les expressions suivantes : « aides et alouez du mestier, » — à raison de l'assistance que les compagnons prêtaient au patron et du contrat de louage qui les liait à lui, — ainsi que les mots « chambrières » et « meschinettes, » appliqués aux femmes employées dans les métiers.

Tout *valet*, *sergent*, *aide* ou *aloué*, toute *chambrière* ou *meschinette* ne pouvait offrir ses services à un maître ou à une maîtresse qu'après avoir terminé son *apprentissage* (V. ce mot) ; ils et elles étaient dits alors « quittes » envers le patron ou la patronne qui leur avait appris le métier, et désormais aptes à recevoir un salaire. Lorsque la situation était reconnue régulière, le nouvel ouvrier et la nouvelle ouvrière devaient prêter serment : 1° de se soumettre aux règlements du métier ; 2° de faire savoir aux jurés, prudhommes et gardes de ce métier, les contraventions qu'ils verraient commettre, et de leur révéler le

nom des coupables. Cette formalité remplie, ouvriers et ouvrières pouvaient être mis au travail dans les ateliers où le personnel n'était point limité; ce qui les différenciait des apprentis dont le nombre, très réduit dans l'intérêt même de leurs études professionnelles, ne pouvait être dépassé par les maîtres. La plupart des ateliers, à Paris notamment, n'étaient soumis à aucune restriction, et les valets ne trouvaient point d'obstacle à s'y faire admettre.

Les rapports entre maîtres et valets se réglaient par un contrat de louage verbal ou écrit, dont les jurés du métier prenaient connaissance et qu'ils faisaient loyalement observer. On se louait à la semaine, au mois, à la demi-année, à l'année ou pour un temps plus long. Quand les besoins du travail exigeaient des recrues à la journée, et qu'il n'y avait pas de convention spéciale entre le maître et le compagnon ainsi recruté, celui-ci était censé « aloué à la semaine, » dès le second jour de présence dans l'atelier, et devait travailler pendant huit jours au prix de la première journée. L'ouvrier « à ses pièces » n'apparaît que beaucoup plus tard.

Le contrat de louage était rompu si l'on venait à apprendre, soit que l'ouvrier n'avait pas terminé son apprentissage, soit qu'il était encore lié à un autre patron, soit qu'il avait omis de régulariser sa situation avec la corporation locale — comme ayant appris son métier ailleurs, à l'étranger, par exemple, — soit enfin qu'il avait été banni d'une communauté ouvrière, comme « resveur, larron, murdrier, houlier, mauvais garçon, etc. » Une amende était alors prononcée contre le délinquant, et diverses peines disciplinaires, correctionnelles ou criminelles pouvaient l'atteindre.

Ce qu'il importe de bien constater, c'est la situation subordonnée, mais nettement définie, que les règlements faisaient au valet. Comme avantages, il avait l'exemption d'impôt, la protection des prudhommes du métier, la possibilité de s'établir et de « prendre apprenti, » quand il avait des économies, le droit de succéder à un maître, en épousant sa veuve, l'éligibilité au conseil des jurés, la participation aux fêtes, banquets et cérémonies du métier, etc.; mais ces avantages étaient balancés par certaines servitudes telles que : la défense de travailler librement et « en chambre, » de se louer à des maîtres autres que ceux de sa corporation, de quitter, avant l'expiration de son engagement, un atelier où il gagnait moins pour un autre où il eût gagné davantage; l'obligation de fournir une sorte de cautionnement, soit en argent, soit en objets et effets mobiliers, pour garantie de son travail et de sa bonne conduite.

En définitive, la somme des avantages eut certainement dépassé celle des inconvénients, si la maîtrise avait été plus abordable, et si les fils de maîtres, privilégiés par les règlements, n'avaient établi, autour de chaque métier, une barrière presque infranchissable. Avec le temps, les compagnons, ou valets, arrivèrent à former, à Paris et dans les grandes villes, des foules innombrables; la communauté d'intérêts les rapprocha et les réunit contre les maîtres. Ne pouvant arriver à la maîtrise, ils prirent peu à peu l'habitude de voyager, et c'est ainsi que le compagnonnage — sorte de chevalerie errante du travail — devint insensiblement une institution. Inconnu au XIIIe siècle, il était déjà remuant au XVIe, et ses doléances, sans cesse renouvelées, aboutirent enfin à la réforme radicale de 1776.

On manque de documents précis sur les salaires payés, de siècle en siècle, aux valets, sergents, aides, aloués, chambrières et meschinettes; on sait seulement que, dans les grandes villes, l'usage créait des prix de journée, de semaine, de mois ou d'année qui faisaient loi, ainsi que le témoigne ce texte du *Livre des mètiers* : « Li valet tacheur ne puent demander autre louier que le droit pris. » Cette question fort importante se lie à celle du prix des denrées et des objets manufacturés, laquelle ne peut être résolue que par de longues et de persévérantes recherches. Ce qu'on peut justement conjecturer, c'est que les prix de travail étaient proportionnés à la valeur vénale des objets œuvrés et au coût des choses nécessaires à la vie. Il s'établissait ainsi, pour la main-d'œuvre, une sorte de *cours* d'après lequel se réglaient les contrats de louage.

Malgré la différence des régimes, la force des choses a amené une certaine analogie entre la situation des valets d'autrefois et celle des ouvriers d'aujourd'hui : à la difficulté d'obtenir la maîtrise répond, de nos jours, celle de créer un fonds, ou de se procurer l'argent nécessaire tant pour en acheter un que pour l'exploiter avantageusement. Il en résulte que le nombre des salariés, des non-établis, n'est pas, proportion gardée, moindre au XIXe siècle qu'au moyen âge, et que le « parti-valet » d'autrefois, ennemi des maîtrises et des jurandes, a pour pendant le « parti-ouvrier » d'aujourd'hui, profondément hostile au capital, comme chacun sait. Si la coalition des maîtres, membres du jury devant lequel se présentaient les candidats à la maîtrise, constituait jadis pour ceux-ci un obstacle presque insurmontable, l'engouement du public pour les grands magasins, la faveur toujours croissante dont jouissent les bazars cosmopolites n'entravent pas moins aujourd'hui l'ouverture des petits établissements. Sous l'ancien régime, c'était le producteur qui, dans l'intérêt de sa fabrication et de sa vente, limitait le nombre des ateliers; de nos jours, c'est le consommateur qui, pour avoir plus de choix et payer moins cher, achète tout au même endroit, rejetant ainsi dans la masse ouvrière les compagnons instruits, entreprenants, pourvus d'un petit capital ou d'une commandite, qui auraient le désir de devenir patrons.

La question du compagnonnage moderne se lie intimement à celle des grands et des petits ateliers. Le « compagnon du tour de France » était jadis une protestation vivante contre les maîtrises et les jurandes; aujourd'hui c'est une protestation plus grande encore contre ce qu'on est convenu d'appeler « la féodalité financière ». N'ayant plus à subir les épreuves industrielles dans la ville où il avait fait son apprentissage, pour s'y établir ensuite et n'en plus bouger, le compagnon d'il y a un siècle comprit qu'il avait tout avantage à parcourir le pays, à s'instruire des particularités locales et à apprendre, chemin faisant, toutes les variétés de sa profession. Le « tour de France » lui parut être — comme il est en réalité — l'équivalent de l'ancienne maîtrise; au lieu de comparaître, à Paris ou dans toute autre grande ville, devant les jurés d'un métier, le compagnon émancipé consentit à subir une série d'examens dans les divers ateliers par lesquels il passait; tous les patrons, qui le prenaient à l'essai avant d'agréer définitivement ses services, étaient en réalité ses juges. Le livret, sur les pages duquel se succédaient les certificats d'aptitude et de bonne conduite, tenait lieu des anciennes lettres de maîtrise.

C'est à cette période de l'histoire ouvrière que se rapportent les livres et les romans publiés sur le compagnonnage, ainsi que les discours et les plaidoyers dont cette institution a été l'objet. Les plus grands écrivains de notre temps s'en sont occupés, et d'éminents orateurs lui ont prêté le secours de leur parole : Chateaubriand, Béranger, Lamartine, Georges Sand, sont intervenus dans la querelle entre le gouvernement et les compa-

gnons ; Berryer a plaidé pour eux ; des économistes tels que Michel Chevalier et Léon Say ont examiné sérieusement leurs doctrines ; un des leurs, Agricol Perdiguier, simple ouvrier ébéniste, s'est fait l'historien du compagnonnage ; tous les éléments de la question sont donc aujourd'hui sous les yeux du public.

Nous n'étonnerons personne en disant que le compagnonnage, aujourd'hui comme autrefois, a ses partisans et ses adversaires. Les hommes de conservation sociale y voient de graves inconvénients, et l'Eglise, en particulier, le condamne presque au même titre que la franc-maçonnerie ; non pas qu'elle reproche à cette immense affiliation des principes irréligieux ou des pratiques immorales, mais parce qu'on y aliène plus ou moins sa liberté, parce qu'on s'y met aveuglement dans la main des chefs, et qu'on peut — ainsi que cela se pratique dans les sociétés secrètes — devenir, à un moment donné, l'instrument inconscient de certaines ambitions ou de certaines perversités. Les parlements d'autrefois ont été et les tribunaux d'aujourd'hui sont à peu près dans les mêmes sentiments.

Se plaçant à un autre point de vue, les économistes estiment que le compagnonnage, utile à une autre époque et dans une certaine mesure, a fait son temps et n'est plus qu'une institution surannée ; ils blâment ses pratiques mystérieuses et ridiculisent ses initiations. Selon eux, la liberté industrielle et commerciale doit en faire justice.

Les écrivains et les orateurs libéraux, dont nous avons cité les noms, ont voulu surtout soustraire le travail à l'action oppressive et variable des gouvernements. Sous l'influence des événements révolutionnaires et des réactions tantôt impérialistes, tantôt royalistes qui les ont suivis, les compagnons ont forcément pris parti et couleur ; les poursuivre ou les tolérer comme tels, c'eût été faire alternativement de la proscription et de la protection ; c'eût été surtout pousser les ouvriers dans la politique. Aussi l'ont-ils à peu près abandonné pour le socialisme qui les touche de plus près. Le compagnonnage tend chaque jour à disparaître devant les syndicats : ce qui était une association de placement, d'assistance, de secours mutuels, se transforme rapidement en une machine de guerre. La maîtrise s'appelle désormais le capital, et le compagnonnage se nomme le travail ; l'avenir dira ce qui doit advenir de cette lutte.

Le rôle de ce dictionnaire étant d'exposer le passé de la question, nous renvoyons au curieux livre d'Agricol Perdiguier pour connaître l'organisation détaillée du compagnonnage au XIXe siècle. Ils y apprendront les antiques et contestables origines de cette institution qui remonterait à Hiram, ni plus ni moins que la franc-maçonnerie. Ils y verront que les trois patrons du compagnonnage sont *Salomon*, *Maître Jacques* et le *P. Soubise ;* que toutes les sectes et sous-sectes se rattachent à ces trois fondateurs, comme les rameaux de trois arbres à trois souches communes. *Loups* et *loups-garous*, *renards*, *chiens gavots*, *dévorants*, sont les fils légitimes ou naturels des trois patriarches.

Deux tendances se sont manifestées dans le compagnonnage, comme ailleurs ; les autoritaires, ou conservateurs ont maintenu, les vieux principes du *devoir* ; aussi les a-t-on appelés *devoirants* et, par corruption, *dévorants ;* les libéraux, où progressistes ont cherché, au contraire, à rajeunir l'institution, ce qui leur a valu le nom de *renards de la liberté*. Toute cette histoire est exposée fort au long par Agricol Perdiguier, ainsi que les origines, dignités, fêtes, cérémonies, initiations, réceptions, symboles, emblèmes, attributs, costumes, ornements et autres particularités du compagnonnage. Agricol Perdiguier n'oublie qu'une chose — et nous avons réparé cette omission — c'est de rattacher le compagnon moderne au valet du moyen âge, comme celui-ci se reliait aux corporations gallo-romaines. Les *nautæ parisiaci*, *ligerici*, *rhodanici*, les compagnons *hansés* de la Seine et des fleuves du nord sont les véritables ancêtres des modernes corporations ouvrières. On a cru, de nos jours, inventer les syndicats ; on n'a fait que donner, une fois de plus, raison au vieux proverbe : *Rien de nouveau sous le soleil.* — L.-M. T.

***COMPARATEUR**. *T. de phys.* Instrument qui sert à déterminer de petites différences de longueur. 1° *Comparateur à bouts.* Il est employé pour déterminer, avec une approximation très grande, la différence de deux longueurs sensiblement égales. il ne donne pas la longueur absolue, du moins directement. Imaginé par Fortin, cet instrument sert spécialement à étalonner les règles (ou *mètres étalons*) fournies par la Commission française internationale du mètre, c'est-à-dire à vérifier si elles ont rigoureusement la même longueur. L'appareil, disposé sur une table en fonte, a pour pièce essentielle un levier coudé dont l'extrémité de la petite branche s'appuie contre le bout de la règle à comparer, pendant que la longue branche (10 fois plus grande que la petite) qui porte un vernier circulaire au $1/10^{mm}$, glisse vis-à-vis d'un arc de cercle divisé en $1/2^{mm}$. L'instrument rend donc sensible une différence de $1/2.2.10.10 = 1/400^{mm}$. 2° *Comparateur à traits.* Il sert à comparer les règles divisées et à vérifier l'exactitude des divisions de même ordre. Il est muni de deux *chariots* portant chacun un microscope dont on amène les fils croisés (réticules) à coïncider avec les traits de la règle en expérience. La différence des distances des traits, ou celle de la croisée des fils, est donnée en millièmes de millimètre, au moyen d'une vis micrométrique. — C. D.

COMPARTIMENT. Dans les arts, combinaison de lignes et de formes dont la variété et la disposition produisent un effet décoratif. || *T. de rel.* Dorure à petits fers sur le plat ou le dos des livres. || *T de min. Compartiment de feux.* Saucissons destinés à enflammer simultanément les fourneaux. || *T. techn.* Division d'une capacité, isolée au moyen de cloisons.

***COMPARTIMENT ÉTANCHE**. *T. de mar.* Espace que l'on peut remplir complètement d'eau, sans que celle-ci puisse se répandre dans les parties voisines. Le but de l'établissement de ces compartiments est de limiter la quantité d'eau qui peut

s'introduire dans un bâtiment, à la suite d'une avarie provenant de l'une des causes suivantes: abordage, échouage, explosion de torpilles, pénétration d'un boulet, etc. Le nombre et la grandeur des compartiments dépendent des dimensions du bâtiment qne l'on veut rendre insubmersible; ce que l'on recherche, autant que possible, c'est que l'emplissage du plus grand compartiment, en général celui de la machine ou des chaudières, n'entraîne pas la submersion complète du navire.

Tous les grands cuirassés nouveaux sont aujourd'hui subdivisés en un nombre considérable de compartiments de l'espèce. Cette subdivision s'opère dans les trois sens: longueur, largeur, hauteur.

Dans le sens longitudinal, on trouve:

1° Une cloison centrale qui s'étend depuis l'étrave jusqu'à l'étambot et divise ainsi le navire en deux portions symétriques.

Cette cloison est interrompue, dans le dernier compartiment arrière, pour permettre la manœuvre de la barre du gouvernail, et en deux ou trois autres endroits;

2° Une cloison latérale interne, de chaque bord, qui borne la largeur des grands compartiments des machines, des chaudières, des soutes à munitions, etc.;

3° Une cloison latérale externe, de chaque bord, située à peu de distance de la muraille du bâtiment.

Dans le sens transversal:

Le nombre des cloisons totales dans ce sens varie habituellement de 7 à 12; celui des cloisons transversales partielles est en rapport avec les emménagements particuliers du navire.

Toutes ces cloisons, sauf celles partielles, s'élèvent jusqu'à la hauteur du pont cuirassé, contre le bordé en tôle duquel elles sont rivées, à l'aide de cornières appropriées à ce but.

Entre le pont cuirassé et celui de la batterie, on établit parfois quelques cloisons d'emménagements ou de soutènement.

Enfin, *dans le sens vertical*, on remarque:

1° Un double-fond ou revêtement intérieur, situé à une distance de $1^m,10$ à $1^m,20$ du revêtement extérieur et qui s'étend sur la plus grande partie de la longueur du bâtiment, jusqu'à une certaine distance des extrémités.

Ce double-fond est lui-même subdivisé en un assez grand nombre de cellules, par des lisses et des membrures étanches.

Sur certains paquebots du commerce, on se sert du double-fond comme d'une cale à lest d'eau; suivant que le bâtiment est trop léger ou trop chargé, on emplit ou on vide ces cellules.

Sur quelques monitors, on emploie ce moyen en cas de combat, pour diminuer la surface offerte aux coups de l'ennemi;

2° Le pont en tôle du faux-pont inférieur, dans lequel on ne pratique que le nombre d'ouvertures strictement nécessaires pour les besoins du service. Ces passages sont pourvus de fermetures étanches. Ainsi que nous l'avons dit, ce pont divise la plupart des compartiments transversaux et tous ceux latéraux en deux étages; il est étanche, sur l'avant des chaudières jusqu'à l'éperon et sur l'arrière des machines jusqu'à l'étambot. Au-dessous se trouvent: la plate-forme de la cale, la cale à eau, la cale à vin, etc;

3° Le pont cuirassé, dont le livet est situé à hauteur du can supérieur de la cuirasse des flancs. Les diverses ouvertures pratiquées dans ce pont: trous d'homme pour les soutes à charbon, passages d'escarbilles, etc., se ferment à l'aide de bouchons étanches. Les passages indispensables pour le service des machines, des chaudières, de la cambuse et pour les mouvements de l'équipage, sont entourés d'un surbau cuirassé qui s'élève de 50 à 80 centimètres, et plus, au-dessus du pont, afin que la mer ne puisse pas envahir les parties inférieures du bâtiment, lorsque la superstructure en tôle au-dessus de ce pont a été détruite ou endommagée par une cause quelconque.

Les exemples de navires sauvés, grâce à leurs cloisons étanches, sont assez nombreux. Malheureusement, dans le cas d'un abordage sérieux ou dans celui d'une explosion de torpille, la brèche est tellement importante et les portions voisines sont tellement disloquées que leur étanchéité est gravement sinon tout à fait compromise.

COMPAS. Instrument, formé de deux tiges armées de pointes à une de leurs extrémités, réunies par l'autre sur un pivot qui permet de modifier à volonté l'angle que forment les deux branches. Il sert à prendre des mesures, à tracer des circonférences, etc.

Compas à dessin. On entend sous ce titre, des instruments construits avec un soin particulier, dans lesquels la pointe de l'une des branches, peut être remplacée par un porte-mine ou un tire-ligne, et qui servent à exécuter les dessins géométriques, d'architecture, etc. Parmi les compas à dessin, on distingue le compas à pointes sèches, le compas balustre, le compas balustre à ressort, qui sert spécialement à tracer les circonférences de très petit rayon, le compas de poche dont les branches se reploient sur elles-mêmes pour diminuer la longueur de l'instrument et en faciliter le transport.

Compas de réduction. Cet instrument, destiné à l'exécution d'un dessin, d'après un modèle donné, mais avec une modification de l'échelle employée, est basé sur les propriétés des triangles semblables. Il est formé de deux branches plates, munies de pointes à leurs extrémités et percées d'une fenêtre longitudinale que traverse un coulisseau muni d'une vis de pression, qui permet de déplacer, à volonté, en regard d'une échelle tracée le long des bords de la fenêtre, le point de sommet des deux triangles, et de modifier ainsi les rapports proportionnels des écartements de chaque paire de pointes. On construit un compas analogue, mais à trois branches, permettant de tracer des triangles homologues entre eux, et qui aide beaucoup le travail de réduction des plans et des cartes géographiques. Les trois branches glissent dans une sorte de boîte, de façon que deux des branches ne peuvent se déplacer que dans un même plan, alors que la troisième

est susceptible de recevoir un double mouvement, dans un plan perpendiculaire, ou parallèle au premier.

Compas à verge. Ce compas est destiné à décrire des circonférences de très grand rayon. Il est formé d'une règle en bois, glissant dans deux coulisses, portant des tiges armées de pointes, disposées normalement à la règle. Celle-ci porte une graduation, qui permet d'estimer la distance fixée entre les pointes. Des vis de pression qui traversent les coulisses, servent à les arrêter sur la règle dans les positions d'écartement que l'on désiré.

Compas d'épaisseur. Cet instrument à branches courbes, en forme de 8, dont le pivot est disposé au sommet commun des deux paires de branches, sert à mesurer les diamètres des pièces rondes, ou les épaisseurs d'une pièce quelconque.

Compas dit maître à danser. Il sert à mesurer la distance des parois intérieures de certains ouvrages. Il se compose de deux branches courbes, prolongées chacune par une branche droite repliée en équerre sur elle-même et terminée en pointe. Lorsque le compas est fermé, les deux pointes des branches courbes, se trouvent naturellement écartées de la distance qui sépare les pointes des branches droites. C'est avec celles-ci qu'on relève les dimensions intérieures.

Compas à excentrique. Cet instrument, inventé par M. Jobard, habile lithographe, sert à tracer dans le dessin des cartes géographiques, les petits cercles servant à indiquer les villes. Il se compose d'un bloc de bois, sur la face supérieure duquel est fixé un pont supportant l'instrument proprement dit, formé d'un axe vertical qu'on peut faire tourner sur lui-même et d'une petite branche courbe à porte-mine, ou tire-ligne excentrique par rapport à l'axe. Cette branche se prolonge un peu en contre-bas de l'axe, un ressort tend à ramener la pointe dans le prolongement de l'axe, et une petite vis qui agit sur le ressort, sert à l'en écarter de quantités aussi petites qu'on veut.

Compas de stéréotomie. Brocchi avait construit cet instrument, pour mesurer les dimensions d'un corps rapporté à trois plans rectangulaires. Il est basé sur cette propriété : que la forme d'un corps quelconque peut être considérée comme engendrée par une ligne variable qui se meut dans des plans toujours parallèles entre eux. Il est formé d'un cadre rectangulaire dont le pied glisse dans la rainure d'une règle, perpendiculaire au plan du cadre. Une troisième pièce se déplace dans le cadre, et porte une réglette mobile perpendiculaire aux deux premières. Des échelles tracées sur chaque règle, permettent, en tenant la réglette toujours appuyée contre le corps et en déplaçant le cadre dans sa coulisse, de relever les coordonnées des points de chacune des génératrices variables engendrant la surface à relever.

Compas à ellipse. Ces instruments destinés à tracer l'ellipse d'un mouvement continu, comme l'on fait pour la circonférence avec le compas ordinaire, ont vivement exercé la sagacité des constructeurs. Bien que très nombreux, on peut les classer en trois groupes, d'après les propriétés de la courbe sur laquelle ils sont fondés.

Dans un cylindre droit, une section par un plan oblique à l'axe est une ellipse. Si l'on joint un point de cette courbe, à un point de l'axe, on obtient une droite qui peut servir à déterminer cette même ellipse de deux façons différentes. Ou bien l'angle de cette droite avec l'axe sera invariable, leur point de rencontre fixe, et la longueur de cette droite variera ; ou bien la longueur de la droite sera invariable, et son point de rencontre avec l'axe variera, se déplaçant d'une longueur égale à la projection du grand diamètre de l'ellipse sur cet axe. Le compas, dû à M. Bradelle, est la réalisation de ce premier mode. Il est formé d'un compas à pointe sèche dont le pivot prolongé sert de genouillère à une troisième branche mobile dans un plan perpendiculaire à celui des premières. Cette troisième branche se compose d'une tige d'acier sur laquelle glisse un manchon, qu'un ressort à boudin attire toujours de haut en bas. Sur ce manchon est monté un porte-mine. Une vis permet de régler l'angle d'écartement formé par le manchon et le porte-mine. Pour se servir de l'instrument, on pique la pointe de la tige au centre de l'ellipse, les deux autres pointes sèches sur une perpendiculaire au grand axe de la courbe et à égales distances de cet axe. Faisant tourner le manchon autour de la tige, on vient mettre la pointe du crayon sur le sommet du petit axe, et à l'aide de la vis fixe l'angle d'écart du porte-mine et du manchon. Il suffit de faire décrire à celui-ci un tour complet autour de la tige, le porte-mine extrême décrit l'ellipse. M. Desbordes dans son compas s'appuie, au contraire, sur le second mode. La tige avec son manchon à ressort et le tire-ligne, porte une tête qui se déplace dans une rainure sur un limbe vertical. On pique la pointe au centre de l'ellipse et dispose le limbe dans l'aplomb du grand axe. On fait déplacer alors tout le système de la tige et du manchon, de manière que le tire-ligne vienne coïncider avec un sommet du petit axe ; dans cette position on fixe la tige sur le limbe, et en faisant tourner le manchon sur lui-même, le tire-ligne tracera l'ellipse.

Les dessinateurs usent souvent du procédé suivant pour décrire une ellipse. On prend une bande de carton sur laquelle on indique trois points, a, b, c, tels $ca = 1/2$ grand axe, $cb = 1/2$ petit axe, $ab =$ différence des demi-axes. Si l'on fait tourner cette règle en maintenant les points, a, b, le premier sur le petit axe, le second sur le grand, le point c décrit la courbe cherchée. Les compas de M. Wolloniez et de M. Bion, les plus employés, sont la réalisation de ce procédé ; ils se composent d'une sorte de compas à verge armé d'un tire-ligne, et dont les tiges des coulisseaux sont terminées non par des pointes, mais par de petites roulettes disposées dans deux plans normaux, et qui se déplacent dans deux rainures perpendiculaires, tracées sur une petite planchette. Il suffit de disposer les coulisses par rapport au tire-ligne,

de façon à réaliser la condition énoncée entre les points *a*, *b*, *c*.

Enfin, on sait encore que, si l'on considère une circonférence roulant sur deux autres concentriques entre elles, le point pris sur la première circonférence, qui forme le point de tangence avec une des deux autres, décrira une ellipse dont les diamètres des deux circonférences concentriques forment les axes, si sa vitesse angulaire par rapport à son centre est la moitié de celle de ce centre par rapport à celui des deux autres circonférences. Cette propriété a permis à M. Thomas de construire un nouveau compas à ellipse très ingénieux.

Un pied, qui se centre facilement sur le centre de l'ellipse à décrire, porte un système de roues circulaires s'engrenant et présentant entre leurs rayons ce rapport 2 : 1. A l'aide de deux réglettes servant de guide à un coulisseau à tige avec porte-mine, et de roues de renvoi, le mouvement de l'une des roues est transmis au porte-mine qui tourne autour de l'axe du coulisseau. Les deux réglettes portant le coulisseau, forment le rayon allant du centre des deux circonférences concentriques au centre de la petite circonférence qui roule sur les premières, le porte-mine est un rayon de cette dernière circonférence, la vitesse angulaire de ces rayons étant dans le rapport 2 : 1, il est évident que le porte-mine décrira une ellipse.

Compas de variation ou marin. On donne le nom de compas de variation à un instrument destiné à mesurer l'angle, que fait l'axe d'un navire avec la direction de l'aiguille aimantée. On le désigne aussi sous le nom de *boussole marine*. — V. Boussole, § *Boussole marine*.

* **COMPASSIER.** *T. de mét.* Ouvrier qui fabrique des compas et autres instruments de mathématique.

I. **COMPENSATEUR.** *T. d'horlog.* Système employé pour corriger, des erreurs provenant de dilatations, les balanciers rectilignes ou à ressorts, des horloges et des chronomètres. Aux systèmes décrits à l'article Balancier compensateur, nous ajouterons ici quelques lignes sur les *lames compensatrices*. Elles ont été imaginées par la commission de l'Académie des sciences et construites par Martin. Ce système se compose de deux lames métalliques de longueur égale, à 0° de nature différente (fer et cuivre), soudées l'une à l'autre dans toute leur longueur et fixées transversalement à la partie inférieure du balancier. Quand la température s'élève, la tige du balancier s'allonge, la lame la plus dilatable, le cuivre, placé en dessous, fait courber le système et relever par suite le centre d'oscillation. Quand, au contraire, la température s'abaisse, la courbure se fait en sens inverse. Pour régler l'appareil, deux boules métalliques sont vissées à des tiges sur le prolongement des lames et peuvent être déplacées dans un sens ou dans l'autre, puis fixées après quelques tâtonnements, de manière à produire exactement la compensation.

II° * **COMPENSATEUR.** *T. de chem. de fer.* Les transmissions qui servent à manœuvrer à distance les signaux et les aiguilles, et qui ont quelquefois une longueur de près de 2 kilomètres, sont sujettes à éprouver des dilatations ou des raccourcissements, sous l'influence des variations de la température. Ces changements de la longueur de la transmission pouvant altérer le fonctionnement des appareils, on intercale généralement, sur la transmission, des systèmes de compensation destinés à neutraliser les effets de la dilatation (V. au mot Disque les systèmes de compensation des transmissions par fils). En ce qui concerne les aiguilles, qu'on peut manœuvrer à distance, au moyen de transmissions rigides, formées de tubes en fer creux, guidés par des galets et dont la longueur ne dépasse guère 300 mètres, on a recours à des balanciers intercalés, au milieu de la longueur, entre le levier et l'aiguille, et placés soit dans un plan horizontal, soit dans un plan vertical. La transmission est coupée et s'attache de part et d'autre aux extrémités du balancier, de façon que chaque allongement ou chaque raccourcissement des deux parties se fait également aux dépens de la position du balancier, qui s'incline plus ou moins par rapport à sa position initiale perpendiculaire à la transmission. Comme les extrémités de ce balancier décrivent des arcs de cercle, tandis que la transmission se déplace longitudinalement suivant une ligne droite, on évite tout frottement sur les galets-guides, en articulant le dernier tronçon de transmission qui s'attache à chaque bout du balancier.

III. **COMPENSATEUR MAGNÉTIQUE.** *T. de phys.* Appareil destiné à corriger les erreurs d'indication de la boussole causées par le fer des navires.

Depuis qu'on a introduit sur les vaisseaux des quantités de fer de plus en plus considérables : machines à vapeur, hélices, blindages, canons d'acier, coques en fer ; les indications du compas de mer (malgré les perfectionnements apportés dans le mode de suspension de l'aiguille aimantée, malgré sa forme circulaire, qui lui donne de la stabilité), peuvent être faussées d'une façon plus ou moins notable et devenir la cause de la perte des navires ; on en a plus d'un exemple. Pour parer à ces inconvénients, on a imaginé de placer dans le voisinage du compas, soit un double disque en fer, plaque de compensation (système Barlow), soit un aimant permanent (compensateur de Airy), disposé de telle sorte qu'il puisse produire sur la boussole un effet exactement égal et contraire à celui de l'ensemble (de la résultante magnétique) de toutes les pièces de fer du navire.

On arrive assez facilement à trouver cette position correctrice. Mais malheureusement la compensation qu'on a réalisée avec soin au départ, perd bientôt de son exactitude ; car, par suite du déplacement du vaisseau, en longitude ou en latitude, le magnétisme terrestre agit inégalement sur les différentes pièces de fer, plus ou moins oxydées et qui n'ont pas toutes la même force coercitive ; d'autre part, les vibrations imprimées au navire par la machine à vapeur, les chocs des vagues contre la coque, déterminent peu à peu

l'aimantation de ces pièces ; une ancre jetée à la mer avec ses longues chaînes, amène un déplacement de la résultante magnétique. On voit ainsi que la compensation est loin d'être absolue.

* **COMPONÉ, ÉE.** *Art. hérald.* Se dit d'une pièce honorable composée de figures carrées d'émaux alternés.

* **COMPONIUM.** *Inst. de mus.* Sorte d'orgue à cylindre, inventé en 1820 par un hollandais nommé Vinkel, et qui, par un mécanisme ingénieux, variait automatiquement les airs qu'on lui faisait jouer. Vinkel a emporté dans la tombe le secret de son invention.

* **COMPONURE.** *Art. hérald.* Disposition des pièces componées ou figurées par carrés égaux alternant d'émail.

* **COMPOSANTES** (Forces). *T. de mécan.* Forces qui concourent à composer un mouvement et qui se résolvent dans la résultante.

COMPOSÉ, ÉE. *T. d'arch. Chapiteau composé.* Chapiteau formé de la réunion de divers ordres, mais principalement de l'ionique et du corinthien. Dans ce dernier cas on dit plus généralement *composite.* || *T. de mécan. Machine composée.* Machine formée d'un assemblage de pièces, par opposition aux machines simples. || *T. de phys. Pendule composé.* Pendule matériel composé de parties diverses et pesantes par opposition au pendule simple ou idéal. || *T. de chim. Corps composé.* Se dit des corps qui résultent de la combinaison de deux ou de plusieurs autres corps. || *T. de minér.* Se dit des cristaux qui font partie de plusieurs systèmes de formation.

COMPOSER. *T. techn.* A notre point de vue spécial ; composer c'est assembler sur le composteur des caractères d'imprimerie pour en former des mots, des lignes, des pages.

* **COMPOSEUSE.** *T. de typogr.* Machine à composer, et plus spécialement organe de cette machine qui ramène les caractères pour les assembler dans un composteur.

COMPOSITE (Ordre). *T. d'arch.* Variété, amplification de l'ordre corinthien, ne différant de ce dernier que par la composition du chapiteau, où les volutes ioniques et une échine taillée en oves sont superposées aux ornements du calice corinthien. — V. Chapiteau, Colonne, Corinthien.

— Ce sont les architectes du XVIe siècle, étudiant les monuments de l'antiquité, qui ont imaginé de faire un ordre spécial de cet amalgame de formes, dont ils avaient remarqué un exemple dans l'arc de Titus, à Rome. Les savants sont d'accord, depuis longtemps, pour nier l'existence de cette ordonnance architectonique : ils ont reconnu, en effet, que les quatre colonnes qui ornent le monument que nous venons de citer, sont véritablement corinthiennes par leur forme et leurs proportions et qu'il en est de même de l'entablement. Or, la décoration du chapiteau ne peut à elle seule constituer un ordre particulier. Si donc nous consacrons dans cet ouvrage un article spécial au composite, c'est qu'il a servi de type aux architectes modernes dans la construction d'un grand nombre d'édifices. Dans l'ordre romain de l'arc de Titus, la base est, en raison de son tore inférieur, une déviation de la base attique. Le fût de la colonne porte vingt-quatre cannelures circulaires séparées par un listel. Les feuilles du chapiteau sont d'acanthe, refendues en feuilles de persil. Les volutes angulaires rentrent dans le vase du *chapiteau* (V. ce mot). Les bandes de l'architrave sont à plomb. Quant à la frise, elle est décorée de bas-reliefs représentant une pompe triomphale et des sacrifices. Au-dessus de cette frise, se trouvent des denticules et des modillons. L'ensemble de cet ordre est remarquable par la richesse de sa décoration. Les colonnes de l'arc de Septime Sévère présentent aussi des chapiteaux mi-partie corinthiens et mi-partie ioniques ; on en retrouve d'analogues dans les thermes de Dioclétien, les restes du palais des Césars, les débris du portique d'Octavie et les bains de Caracalla. Disparu pendant les périodes romane et ogivale, l'ordre appelé *composite*, c'est-à-dire la variété dans les chapiteaux corinthiens, fut remis en vogue à l'époque de la Renaissance. On peut citer, comme modèle en ce genre, l'ordonnance employée par Bramante, sous forme de pilastre, à la décoration du premier étage du palais de la Chancellerie, à Rome.

Quant aux proportions générales adoptées par les architectes modernes pour l'ordre composite, ce sont celles qui ont été proposées par Vignole. Le module étant le demi-diamètre pris à la partie inférieure du fût, la colonne comprend, dans toute sa hauteur, 20 modules ainsi distribués : 16 2/3 pour le fût, 1 pour la base et 2 1/3 pour le chapiteau. L'entablement se divise de la manière suivante : architrave 1 module 1/2, frise 1 module 1/2, corniche 2 modules. La fontaine des Innocents, la porte Saint-Denis, l'église de la Madeleine, à Paris, sont décorés d'ordres composites exécutés d'après les règles que nous venons d'énumérer.

COMPOSITEUR, TRICE. *T. de mét.* Celui, celle qui, dans un atelier de typographie, est chargé d'assembler des lettres, pour transformer en caractères d'imprimerie les mots, les lignes et les pages des manuscrits. On distingue le *compositeur* ou *paquetier*, plus spécialement attaché à la composition du texte courant, du *metteur en pages*, auquel incombe la transformation en pages des paquets, la pagination, les titres, etc., et les diverses opérations qui précèdent le tirage.

Dans la hiérarchie des métiers, le compositeur occupe l'un des premiers rangs ; il lui faut, plus qu'aux autres ouvriers, une certaine instruction primaire, les éléments des connaissances les plus diverses et une assez grande habitude des mots bizarres dont les savants émaillent leur copie ; ajoutons aussi qu'il lui faut une grande habileté pour reproduire en caractères typographiques des manuscrits souvent illisibles et qui semblent écrits en signes sténographiques. La composition exige, en outre, du goût dans le choix et la disposition des caractères, et du savoir dans les combinaisons mathématiques qui donnent aux tableaux la clarté et la précision — notre Dictionnaire en offre de nombreux exemples. — Les qualités qui lui sont nécessaires, ont fait du compositeur un type original parmi les ouvriers parisiens ; il n'a plus, comme autrefois — et nous le constatons avec regret — l'amour de la littérature et la passion du théâtre, mais il a toujours de la verve, de l'entrain et l'esprit gaulois ; il s'est laissé inoculer le virus politique, qui est hélas ! la maladie de ce temps-ci ; mais celui qui, dédaignant, avec raison, cette sotte manie de régenter les choses et les

hommes, l'Etat et la Société, se consacre à son devoir professionnel et à la bonne exécution de ses travaux quotidiens, est un précieux auxiliaire de l'écrivain. Les difficultés que présentent la composition et l'impression d'un ouvrage comme celui-ci, nous a permis d'apprécier le mérite de nos compositeurs, et ici nous sommes heureux de rendre hommage à leur intelligente collaboration.

— La classe des compositeurs a produit de tout temps des hommes remarquables, dit M. L. Loire, dans son *Etude sur les compositeurs d'imprimerie*, et il cite :

« Franklin, qui « fondait la liberté religieuse et la « liberté républicaine dans le même moule où il fondait « les caractères de la pensée, » était un compositeur.

« Richardson et Grassner furent typographes.

« Le maréchal Brune fut compositeur, prote et journaliste.

« Béranger, dont les typographes sont très fiers à juste titre, avait été apprenti compositeur.

« Dumersan, ce joyeux vaudevilliste, qui était, en outre, un profond helléniste, avait été apprenti compositeur.

« M. Michelet a débuté aussi dans l'atelier typographique.

« Hégésippe Moreau, l'auteur du *Myosotis*, fut compositeur.

« Parmi les écrivains modernes qui ont abandonné la casse, on cite, par ordre alphabétique, les trois frères Auguste, Michel et Martin Bernard, G. Coulon ; Corbon, publiciste et sculpteur ; Décembre-Alonnier, G. Duchesne, Benjamin Gastineau, Larcher, Leneveux, Pierre Leroux, Proudhon, Watripon, et nombre d'autres dont les noms nous échappent.

« N'oublions pas un peintre d'un talent très réel, Bonvin.

« Puis des compositeurs de musique, des graveurs, etc.

« La corporation des compositeurs, qui ne compte pas plus de 12,000 ouvriers dans toute la France avait six de ses membres — ou ayant été compositeurs — à la Constituante de 1848, dont un fut vice-président : MM. Martin Bernard, Corbon, vice-président ; Dautre, Pelletier, Pierre Leroux et Proudhon.

« Avant de passer à l'atelier typographique, avertissons nos lecteurs que cette corporation n'a pas parqué ses membres dans telle ou telle catégorie, comme cela se fait malheureusement dans beaucoup de professions. X*** est aujourd'hui simple compositeur de lignes qui demain sera le prote d'une imprimerie de premier ordre.

« Dans cette république du travail, la plupart des citoyens possèdent les qualités nécessaires pour en être le président. »

Le compositeur d'imprimerie est payé, le plus souvent, aux pièces. La tâche consiste dans la distribution de la lettre qui doit remplir sa *casse*, la *composition* de sa copie et la correction en première des paquets de cette composition.

C'est seulement après toutes ces opérations achevées qu'il a droit au prix de son travail. Ce prix est fixé par mille de lettres levées. Le prix du mille varie selon la force du caractère. Le caractère de petite dimension est payé plus cher que celui de dimension plus forte jusqu'à une moyenne au-dessus de laquelle le prix augmente. Mais les compositions en gros caractères deviennent de plus en plus rares et s'exécutent presque toutes à la journée.

Le compositeur, payé à la journée ou mieux encore à l'heure, travaille en *conscience*. On confie à la *conscience* les travaux dont l'évaluation aux pièces serait difficile tels que certains tableaux, des ouvrages de ville, des titres d'ouvrages, etc. On choisit pour cette besogne les plus habiles ouvriers et ceux dont la conduite et l'esprit d'ordre sont suffisamment démontrés.

On qualifie indistinctement le compositeur aux pièces par les appellations suivantes : *paquetier*, *labeurier*, *leveur de lettres*, *bourreur de lignes*, *leveur de clous*, *singe*, *typo*.

Le compositeur intelligent et soigneux est fort recherché dans une imprimerie de labeurs ou d'ouvrages de ville, selon ses aptitudes. Celui qui compose un journal est généralement habile leveur de lettres, mais il n'est pas soigneux et il perd, après un long travail dans un journal, le soin professionnel qui en aurait pu faire un compositeur recherché. Son gain est généralement plus élevé que celui du *paquetier* ordinaire.

Le compositeur est sujet aux coliques de plomb et il a besoin d'observer certaines règles hygiéniques : notamment une grande propreté ; des bains fréquents ; éviter l'usage des boissons alcooliques, etc. Toutes choses excellentes, mais qu'il néglige le plus souvent de prendre au sérieux.

COMPOSITION D'IMPRIMERIE. La composition typographique est l'assemblage des lettres d'imprimerie, réunies en mots, en lignes, en paquets ou en pages. On donne aussi ce nom à toute forme assemblée : titres de pages, ouvrages de ville ou de fantaisie, ornementations typographiques en filets ou en vignettes, tableaux, etc.

La composition est soumise à des règles multiples, qu'il ne faudrait pas enfreindre pour qu'elle fut parfaite, mais que trop souvent on laisse de côté. Ces règles sont : l'espacement, la justification, l'interlignage, la correction, le choix harmonieux des caractères d'un titre ou l'assemblage ingénieux des vignettes ou des filets formant l'ornementation d'une page.

La composition typographique s'est jusqu'ici opérée d'une façon manuelle, mais des tentatives si ingénieuses ont été faites dans ces temps derniers pour en rendre l'exécution mécanique, que l'on peut espérer qu'un jour la composition typographique, surtout celle des journaux et des livres à bon marché, s'exécutera à l'aide de la machine. Nous diviserons donc notre étude en deux parties principales : composition manuelle et composition mécanique.

Composition manuelle. Depuis l'invention de l'imprimerie, le mécanisme de la composition manuelle ne s'est pas sensiblement modifié. Le *composteur* a pris naissance avec le caractère mobile, et les doigts de l'ouvrier ont pris la lettre dans le cassetin et l'ont assemblée dans cet outil, depuis le premier jour où on a voulu exécuter une composition typographique. Le compositeur se tient droit devant sa casse ; il prend dans la main gauche son composteur, de la main droite il prend la lettre, entre le pouce et l'index, en ayant bien soin de la placer entre ses doigts de façon à ce qu'elle se présente dans son composteur le cran en dessous. Elle est retenue dans cet ins-

trument par le pouce de la main gauche du compositeur. Dans d'autres contrées la lettre porte son cran en dessus.

Les règles principales à suivre pour faire une bonne composition typographique, sont les suivantes : Observer une grande attention et un grand silence pendant le travail ; porter simplement et sans efforts la lettre du cassetin dans son composteur, sans raideur dans le mouvement que l'on doit s'attacher à rendre d'une parfaite régularité ; éviter les mouvements nerveux ; de frapper la lettre contre les bords du cassetin ou du composteur ou autrement dit de *battre le briquet*, surexcitation nerveuse qui fatigue et fait perdre du temps ; espacer bien également les mots de chaque ligne de façon à ce qu'ils présentent une régularité harmonieuse ; relire attentivement sa ligne avant de la justifier et corriger les inattentions qu'on peut y découvrir ; rectifier les *coquilles* et autres erreurs ; en un mot rendre sa composition la plus correcte possible pour éviter le temps perdu par la première correction qui incombe à l'ouvrier compositeur ; justifier avec soin sa ligne avant d'en recommencer une autre, c'est-à-dire remplir avec une parfaite égalité pour chaque ligne, l'espace qui détermine dans le composteur l'étendue des lignes de la composition d'un ouvrage ; bien faire en sorte qu'il n'y en ait pas de plus serrées les unes que les autres ; bien prendre soin lorsque l'on vide le composteur dans la galée, de ne pas coucher les lignes mais de les placer bien d'aplomb pour que le paquet présente une surface régulière et compacte. La ligne une fois terminée, le compositeur place dessus une interligne si la composition est interlignée ou un *réglet*, sorte de bout de filet ayant une petite oreillette à l'une de ses extrémités et qui permet de le reporter à la ligne suivante en le faisant glisser entre les deux lignes qui le retiennent.

On ne mettait, autrefois, qu'une ligne dans son composteur, dont la dimension ne comportait guère plus que cette ligne. Cette manière de composer était qualifiée de composition *à la française*. C'est après 1830, lorsque les journaux périodiques devinrent plus nombreux, que parut le composteur *à la flamande*, qui contenait plusieurs lignes de composition.

Nous ne pouvons nous étendre sur les particularités des divers détails de la composition manuelle : de la composition du grec, des caractères d'écriture, de celle de l'algèbre, des tableaux, des ouvrages de fantaisie, dits de ville, et nous devons renvoyer aux manuels spéciaux qui ont traité de ces matières avec une compétence infinie.

Le mécanisme si simple de la composition manuelle s'explique bien de lui-même et n'exige pas une démonstration bien longue. Le paquet de composition, une fois réuni dans la galée, le compositeur le serre à l'aide d'une ficelle et dans cette situation, il peut aisément être transporté, en ayant soin de le placer sur un *porte-page*, qui n'est autre qu'une feuille de papier pliée en quatre et servant de support au paquet. Il faut cependant une certaine pratique pour ne pas *mettre en pâte* sa composition, c'est-à-dire pour ne pas disjoindre tout cet ensemble, si fragilement maintenu par une ficelle et supporté par une simple feuille de papier. Mais, dans la pratique professionnelle, on voit des choses plus difficiles encore que celle-ci s'accomplir chaque jour.

Composition mécanique. C'est à l'exposition de 1844 que parut la première tentative de machine à composer. Elle était présentée par MM. Young et Delcambre, sous le nom de *piano-type*. C'était un énorme instrument, d'un très ingénieux mécanisme, ressemblant beaucoup au piano pour la forme et dont chaque touche du clavier correspondait à des tuyaux ou rainures dans lesquels les caractères glissaient jusque dans un composteur d'assez longue dimension d'où un ouvrier les prenait pour les justifier à la main dans la justification adoptée pour l'ouvrage. Le jury décerna à cette machine une médaille d'argent, appréciant en elle plus le mérite de son invention que son utilité.

En 1855, en 1867, en 1878, le piano-type Delcambre refait ses apparitions successives, mais cette machine expérimentée consciencieusement, et notamment par M. Paul Dupont, praticien très expert, n'a pu donner des résultats pratiques. En effet, la distribution devait se faire à la main, la machine tenait une place considérable ; elle ne présentait ni une économie sur l'emploi du temps passé à la composition manuelle, ni un avantage sérieux sur cette dernière méthode.

A cette même exposition de 1878, l'inventeur Kastenbein, un Allemand, présente une machine dont le clavier est réduit à sa plus simple expression ; les conduits dans lesquels glissait le caractère étaient placés perpendiculairement en face de l'opérateur et le poids même du caractère facilitait sa descente au moment où l'opérateur, ayant touché sur le clavier un ressort, ouvrait l'extrémité inférieure du conduit dans lequel la lettre se trouvait entraînée jusque dans le composteur, où elle prenait sa place à côté des autres.

Vers la même époque, les inventeurs anglais se trouvaient stimulés par le succès de leur confrère allemand ; trois machines ingénieuses virent presque successivement le jour dans un très court espace de temps ; les machines Hattersley, Fraser et Mackie.

Dans le système Hattersley, qui est le même que celui de M. Kastenbein, la machine à distribuer n'existe pas. Elle est remplacée par une sorte de composteur pointu muni de ressorts et que le distributeur tient à la main un peu à la manière d'un pistolet. La lettre déposée par l'instrument en face de chaque tube, est poussée par un ressort dans la galée. Ce travail se fait assez vite lorsque l'ouvrier y est accoutumé.

La machine Fraser procède de la machine Hattersley. Elle se compose de deux machines, l'une à composer, l'autre à distribuer. Leur mécanisme est compris de façon qu'elles peuvent servir à plusieurs corps de caractères différents, ce qui est un grand avantage. Comme dans les machines précédentes, les caractères sont amenés dans le composteur par des rainures ou conduits. Ces

machines fonctionnent très pratiquement dans l'établissement Weil and C°, d'Edimbourg, dont M. Fraser est le directeur, et produisent d'excellents résultats.

A la suite d'un conflit très grave des ouvriers compositeurs du *Times* avec leur directeur, ceux-là ayant élevé des prétentions excessives, le directeur de ce grand et important journal fit table rase et remplaça, du jour au lendemain, tout son personnel ouvrier par des machines.

La machine employée est un système Kastenbein perfectionné. Mais la machine à distribuer n'existe pas. Elle est remplacée par une fonderie ; tous les matins, des caractères neufs sont apportés dans les tubes et remplacent ceux qui ont servi la veille.

Il n'y a qu'un journal roulant sur un capital de l'importance de celui du *Times* qui puisse se permettre un pareil procédé. Mais, aujourd'hui, il est complètement affranchi des exigences ouvrières.

On ne peut visiter les ateliers du *Times*. La porte est sévèrement défendue contre toute indiscrétion du dehors.

La machine Mackie se compose de deux parties. La première, appelée *perforateur*, est une sorte de piano sur lequel une ouvrière transcrit la copie de l'auteur sur des bandes de papier qui se trouvent perforées à chaque pression qu'elle opère sur le clavier, dont les touches correspondent à une lettre.

La seconde partie de cette machine est une roue autour de laquelle sont placés les composteurs remplis de caractères. Ces composteurs sont fixes. La roue, dans sa rotation, entraîne la bande de papier perforée, qui laisse passer chaque lettre au fur et à mesure qu'elle se rencontre en face de l'orifice perforé et qui se trouve entraîné dans un composteur central placé sous la machine.

Avec cette machine, il n'existe pas de distributeur. La distribution se fait par des enfants, qui remplissent les tubes ou composteurs fixes de la machine.

Enfin, tout récemment, un inventeur viennois, M. Brackelsberg, a trouvé une nouvelle machine à composer et à distribuer, qui paraît réunir les derniers perfectionnements qu'on puisse souhaiter. Des expériences faites à l'hôtel du Cercle de la librairie et de l'imprimerie, à Paris, ont été assez intéressantes ; mais elles auraient besoin, pour être concluantes, d'être appuyées par l'expérience.

La machine de M. Brackelsberg comporte tout à la fois la machine à composer et la machine à distribuer, mues toutes les deux par le même système. Les caractères sont reçus la tête en haut dans des rainures ayant un plan incliné et pouvant contenir plusieurs caractères de différents corps. A l'une des extrémités de ce plan incliné se trouve placée une rangée de trois claviers superposés ayant la forme de dents de scie et correspondant à chacun des signes de l'alphabet. Lorsqu'il s'agit de faire tomber le caractère de ce plan incliné dans le composteur, il suffit à l'opérateur de presser sur un cran qui correspond au signe alphabétique qu'il désire obtenir, au moyen d'une tige de métal, à l'extrémité de laquelle se trouve un mécanisme qui, au moyen d'un ressort, presse sur l'œil de la lettre et la fait tomber dans la rainure du composteur. Ce dernier tient tout à la fois du composteur et de la *galée*, c'est-à-dire que les rainures sont adaptées sur une tablette en bois, qui permet d'en avoir ainsi plusieurs juxtaposées et qui rend le transport de la composition plus facile et plus sûr. Le même mécanisme sert à opérer la distribution des caractères.

Chose étrange, M. Brackelsberg n'avait pas, tout d'abord, l'idée de construire une machine à composer ; il voulait faire une machine à stéréotyper. C'est l'insuccès de la première tentative et les conseils de praticiens typographes qu'il avait consultés, parce qu'il ne connaissait rien lui-même à cet art, qui l'ont amené à la construction de cette machine appelée à un grand avenir.

La distribution mécanique, dont la perfection n'a pas encore été, jusqu'ici, atteinte par les machines à composer, a été la principale cause d'empêchement de l'introduction de la machine à composer dans les imprimeries. Il faut ajouter à cela le prix élevé des machines, qui obligerait à une mise de fonds assez considérable pour la transformation d'un outillage. La machine ne présente pas encore, pour un imprimeur déjà outillé, une élévation de rendu qui apporte une sensible économie à la main-d'œuvre actuellement employée en typographie. Elle pourrait plus aisément être mise en œuvre par une nouvelle entreprise qui viendrait avec un outillage neuf et un personnel à former et qui tenterait une semblable aventure.

Les ouvriers ont toujours été opposés à l'avénement de la machine à composer, et c'est un tort, à notre avis, parce que si d'une part elle diminuerait un peu le personnel, elle apporterait, de l'autre, une surélévation de main-d'œuvre, et l'on verrait certainement, pour la machine à composer, le même phénomène qui s'est accompli lors de l'introduction des machines à imprimer, qui se sont substituées aux antiques presses à bras en triplant le salaire de l'ouvrier et centuplant la production journalière. La machine à composer n'a certainement pas dit son dernier mot, et par les tentatives faites jusqu'ici, on peut prédire son introduction prochaine dans les imprimeries de journaux et de labeurs courants. Le bon ouvrier intelligent et habile trouvera toujours son emploi et sa rémunération. — ALB. A.

Bibliographie : Manuel nouveau de typographie, par A. FREY (*Encyclopédie Roret*) ; Théotiste LEFÈVRE : *Guide pratique du compositeur typographe*, Paris, Firmin-Didot, 1855 ; Henri FOURNIER : *Traité de la typographie*, Tours, Alfred Mame, 1870 ; G. DAUPELEY-GOUVERNEUR : *Le compositeur et le correcteur typographes*, Paris 1880 ; *Hygiène du compositeur typographe*, par le docteur CHOQUET, Paris, Lecrosnier, 1882.

Composition. *T. de fond.* Dans une fonderie de caractères, c'est l'opération qui consiste à mettre les lettres dans des composteurs pour les travailler par sortes. || *T. techn.* Alliage de métaux imitant l'argent, le bronze, etc. || Mélange des matières premières qui servent à fabriquer le

verre. || *T. de chim.* Combinaison intime de deux ou plusieurs corps formant ensemble des corps composés. || *T. de mécan. Composition des forces, des mouvements, des vitesses.* Calcul servant à déterminer la résultante des *forces,* des *mouvements,* des *vitesses.* — V. ces mots.

COMPOSTEUR. *T. techn.* C'est l'instrument avec lequel le compositeur typographe peut faire sa composition. Il est d'une grande simplicité de forme.

Les composteurs à correction et ceux pour les affiches à longues lignes sont en bois ; les autres sont en fer ou en cuivre ; on nickèle maintenant les composteurs d'imprimerie pour empêcher qu'il se rouillent au contact de la main.

Le composteur se tient dans la main gauche, le pouce retient chaque lettre que la main droite y apporte et qu'elle puise dans la casse.

Le *composteur à la française,* qui ne contenait qu'une ligne que l'on vidait dans la galée chaque fois qu'elle était terminée, a été remplacé par le *composteur flamand,* qui permet de contenir plusieurs lignes. On se sert encore de la *cuiller à pot,* composteur destiné aux journaux et qui peut souvent contenir toute une *cote* donnée aux compositeurs, lorsque dans un moment pressé on se voit obligé de couper la copie de l'auteur en petits morceaux que chacun réunit au fur et à mesure que celui qui l'a précédé vient de finir sa *cote.*

Le composteur se compose de deux lames en fer soudées à angle droit ; l'une de ses extrémités est close ; l'autre, au contraire, laisse passer un collier mobile, sorte de *coulisseau* qui se fixe à l'aide d'une vis à un point quelconque de l'instrument et porte une cloison qui détermine, avec l'autre cloison fixe du composteur, une sorte de boîte dont on aurait enlevé deux côtés.

|| 2° Dans la fonderie de caractères, c'est une règle munie de rebords, sur laquelle on range les lettres d'une même sorte, afin de s'assurer qu'elles ont la même épaisseur.

|| 3° Baguette qui, dans le tissage, sert à conserver la régularité de l'envergure et de l'entaquetage.

***COMPOSTO.** *T. de constr.* Enduit qui tient lieu de pavage et que l'on obtient avec de la chaux et des fragments de marbre ou d'autres pierres de prix.

COMPRESSEUR. *T. de mécan.* Bien que dans l'industrie, on ait à comprimer une quantité considérable de matières, les appareils, qui exercent cette fonction, ne portent pas indifféremment le nom de *compresseur;* ce mot désigne plus particulièrement des engins destinés à comprimer l'air, ou des instruments de chirurgie.

I. ***COMPRESSEUR.** *Instr. de chirurg.* Instrument employé dans la pratique chirurgicale, surtout dans les cas d'hémorrhagie pour suspendre ou modérer le cours du sang artériel et veineux. Un grand nombre de compresseurs ont été imaginés. Nous signalerons seulement les plus usités.

Le *garrot,* construit par Morel en 1674, se compose d'une pelote de pression, munie de deux anneaux sur sa surface libre, d'un lien circulaire passant dans ces anneaux et faisant le tour du membre, d'une plaque de corne ou de métal placée sur le point diamétralement opposé à celui qu'occupe la pelote et d'un petit bâtonnet solide.

Le bâtonnet sert à tordre le lien, la peau étant protégée par la plaque métallique, et chaque tour de torsion qu'on fait exécuter au bâtonnet, augmente la pression de la pelote sur l'artère. Cet appareil a cela de bien, qu'on peut toujours trouver sous la main, les objets nécessaires pour le construire. Par contre, l'inconvénient sérieux qu'il présente est qu'il est difficile de graduer son action.

Le *tourniquet de J.-L. Petit* est formé de deux plaques de bois, rendues mobiles l'une sur l'autre au moyen d'une vis ; de deux pelotes, l'une libre, l'autre fixée à la plaque inférieure, et d'un large ruban. La pelote fixe est placée sur le trajet de l'artère ; l'autre lui est diamétralement opposée. La première exercera la pression, la seconde fera la contre-pression. Grâce à la vis, on éloignera plus ou moins les deux plaques l'une de l'autre, et comme, d'autre part, le ruban assujetti par son milieu à la pelote de contre-pression et retenu à ses deux bouts aux extrémités de la plaque supérieure, relie par cela même toutes les pièces de l'appareil, la pelote de pression s'appuiera d'autant plus sur l'artère par la tension même du ruban. Pour prévenir tout déplacement, deux tiges métalliques sont fixées à la plaque inférieure et passent, d'autre part, dans deux ouvertures correspondantes de la plaque supérieure. Des modifications importantes ont été apportées à cet appareil, principalement par Larrey et Charrière, mais le principe n'en reste pas moins le même.

Nous ajouterons que bien des compresseurs ont été construits selon des modèles différents, mais que tous ont pour base les indications précises que remplissent le garrot et le compresseur de J.-L. Petit.

Parmi tous, un seul doit encore trouver sa place ici, c'est le *compresseur à pression élastique de Broca.* Dans cet instrument, destiné exclusivement au traitement des anévrysmes des membres abdominaux, la compression est facile à l'aide d'une gouttière rembourrée qui, s'appliquant de la partie supérieure de la fesse jusqu'au niveau du genou, est fixée solidement à sa partie supérieure par une ceinture pelvéenne : cette gouttière présente, sur son côté externe, une rainure longitudinale où s'adaptent les armatures, qui, grâce à une vis de pression, peuvent être appliquées à volonté sur toute la longueur de l'appareil. De la sorte il est possible, selon les indications, de porter sur un point donné deux ou plusieurs pelotes, de les déplacer à volonté, pour ainsi dire ; en un mot, de comprimer l'artère où l'on veut et sur autant de points que l'on veut. — A. B.

II. * **COMPRESSEUR DE L'AIR.** L'installation d'un service à air comprimé, quel qu'il soit, comprend diverses parties bien distinctes : 1° un premier système d'appareils destinés à produire la

compression de l'air; 2° un second système d'appareils où l'on utilise cet air comprimé, pour produire un travail de nature déterminée, soit que l'air agisse directement, soit qu'il mette en marche une machine actionnant un outil quelconque.

Nous nous proposons d'étudier ici les divers appareils qui constituent le premier système, formant le système compresseur, le second qu'on peut désigner sous le nom d'*application de l'air comprimé*, devant trouver sa place aux divers articles où sont décrits les travaux spéciaux que l'on peut exécuter par ce procédé. — V. FONDATION, MINE, PERFORATEUR, TUNNEL, etc.

L'ensemble des appareils constituant ce premier système peut, à son tour, se décomposer de la manière suivante :

Une machine motrice quelconque dont nous ne nous occupons pas ici :

1° Le compresseur proprement dit, où s'opère la compression de l'air, et qui, en principe, se compose d'un cylindre muni d'un piston et de soupapes, de telle sorte que, si l'on suit la marche du piston pendant une course complète, l'air extérieur pénètre d'un côté, pendant que le piston comprime d'abord celui qui avait pénétré de l'autre côté, pour l'amener à la pression voulue, puis le refouler à cette pression dans un réservoir d'emmagasinement;

2° Les tuyaux de distribution, servant à transmettre l'air comprimé, soit au réservoir, soit de celui-ci dans les appareils où il est utilisé, et enfin une série d'appareils auxiliaires.

Les compresseurs divers et nombreux que présente l'industrie se rapportent tous au type théorique que nous venons de définir; leur classification ne repose, en réalité, sur aucun principe bien déterminé. Toutefois, on peut les classer en diverses catégories, d'après le degré de compression auquel on opère, et le volume d'air débité par minute, conditions qui peuvent être regardées comme régissant la disposition de l'appareil; on peut également distinguer les machines sans piston, ou avec piston. Dans les premières, et dont le nombre est inférieur aux secondes, la compression de l'air peut être obtenue directement par l'eau et la vapeur. Cette catégorie comprend des appareils ayant des emplois bien déterminés, comme la trompe des forges catalanes, les injecteurs divers, tels que l'injecteur Giffard, et sur lesquels nous ne nous arrêterons pas.

Dans les machines à piston, on peut distinguer celles où le piston agit directement sur l'air, ou celles où il agit par l'intermédiaire d'un matelas d'eau, machines à pistons hydrauliques. Enfin, dans les compresseurs à haute pression, comme l'échauffement de l'air y joue un rôle plus important que dans le cas des basses pressions, on peut, pour les distinguer entre eux, se baser sur les procédés employés pour refroidir l'air : circulation extérieure autour du cylindre, circulation à l'intérieur du piston, introduction directe d'eau dans le cylindre ainsi que l'emploi simultané de ces divers systèmes.

Il y a encore les compresseurs à choc, sorte de béliers hydrauliques, que nous ne ferons que mentionner, l'industrie les excluant aujourd'hui à cause de l'insuffisance de leur rendement. Avant de citer quelques exemples, nous allons étudier d'une façon générale, les divers organes qui entrent dans la composition des compresseurs.

Moteur. Le moteur, ainsi que nous l'avons dit, peut être quelconque; son choix dépendra des circonstances locales; il n'est astreint qu'à cette règle, d'ailleurs générale, pour toute installation mécanique, que sa marche doit être relativement à celle du compresseur dans les conditions les plus favorables au bon fonctionnement de chacun d'eux.

Transmission. La transmission doit être étudiée en vue de laisser aux deux appareils les vitesses qui correspondent au meilleur rendement de chacun d'eux. Dans une foule de compresseurs, on rencontre une transmission directe, les deux pistons de la machine à vapeur et du cylindre se trouvant fixés sur la même tige. Il est évident que cette transmission est mauvaise, surtout si la compression s'exerce à une pression un peu élevée et que la détente dans le cylindre à vapeur soit poussée un peu loin; car la résistance atteint son maximum à la fin de la course du piston dans le compresseur, alors, au contraire, que le moteur est à son minimum de puissance. Aussi, d'une façon générale, peut-on dire que les transmissions indirectes sont préférables. Les deux tiges des pistons sont reliées par un système de bielles et de manivelles, calées convenablement, pour faire correspondre les efforts réciproques dans les deux machines. On peut encore user d'un autre procédé, qui a été appliqué avec succès dans de grands compresseurs, et qui consiste, tout en disposant les pistons directement sur la même tige, à employer deux machines conjuguées avec un volant puissant.

Les engrenages enfin doivent être préférés, lorsque l'un des deux appareils ne doit avoir qu'une vitesse limitée, comme dans le cas des compresseurs à piston hydraulique.

Cylindres. Les cylindres des compresseurs sont tout à fait analogues aux cylindres des machines à vapeur; des essais de chemise en bronze n'ont donné aucun résultat particulier, et ce mode est assez abandonné, on ne le conserve tout au plus que comme revêtement du piston.

Pistons. Ils doivent être légers, présenter une certaine hauteur pour faciliter le guidage. Ils sont en général en fonte, évidés à l'intérieur. Une bonne disposition à recommander est celle adoptée dans les machines soufflantes de Georgs-Marien Hütte. Ce piston est en fonte de fer construit à la façon d'une roue, avec un noyau et une jante en fonte que relient des rayons en forme de double T; une tôle de 5 kilomètres ferme, sur les deux faces, les vides laissés par cette construction.

La garniture des pistons est un point essentiel dans ces machines, et demande à être établie avec un soin tout particulier, surtout pour les machines à pression un peu élevée où l'on a à lutter contre la chaleur développée qui agit promptement pour détériorer ces garnitures. Les pistons

les plus avantageux dans ce cas, sont ceux à ressorts ou à segments, tels que les pistons suédois, ou le piston Ramsbotton, à garniture de bronze.

M. Giffard emploie une disposition très ingénieuse, et surtout très simple. Le piston métallique porte sur son pourtour deux rainures rectangulaires assez profondes, dans lesquelles on entre à frottement très serré une lanière en caoutchouc, puis par dessus, à frottement moins serré, une lanière en cuir. Une série de petits trous cylindriques font communiquer les rainures avec chacune des faces correspondantes du piston, par lesquelles l'air vient exercer la pression sur le système des lanières et assurer la perfection du joint.

MM. Sautter et Lemonnier ont apporté à ce mode une légère modification, qui donne d'excellents résultats. Les rainures sont garnies d'un anneau en caoutchouc durci sur la face extérieure, et élastique sur l'autre.

On substitue quelquefois à la garniture en bronze, du métal antifriction ou régule coulé autour du piston et tourné avec lui. Enfin, dans les compresseurs à piston hydraulique, la garniture se fait le plus généralement à l'aide de cuirs emboutis.

Joints. C'est le caoutchouc qui se prête le mieux à la garniture des joints.

Lorsque les surfaces sont bien dressées, les joints, avec du simple papier huilé, donnent des résultats satisfaisants.

Passage des tiges. Les presse-étoupes sont assez variés, ceux en chanvre et en cuir demandent un grand entretien, les meilleurs sont en alliage mou serré par un calfat. Les anneaux de caoutchouc construits sur la forme du cuir embouti, sont également employés.

Soupapes. Nous comprenons sous ce nom général les organes qui servent à introduire ou à expulser l'air dans les compresseurs, c'est là une des parties les plus délicates de ces appareils. Ils doivent présenter un fonctionnement facile, ne pas laisser de fuites, ne pas produire d'espaces nuisibles. On emploie généralement des clapets, ou des soupapes proprement dites. Il a bien été tenté quelques essais avec les tiroirs, mais la pratique ne semble pas les recommander. Les clapets en cuir nécessitent un grand soin dans le graissage, afin que la chaleur ne les détériore pas promptement, la surcharge généralement forte doit être bien également répartie, on les dispose presque verticaux en les divisant en bandes, s'ils doivent démasquer de grandes ouvertures afin de ménager les charnières. On peut répéter à peu près les mêmes observations à propos des clapets en caoutchouc. Les clapets métalliques ont contre eux leur poids relativement considérable, qui oblige à augmenter la tension pour en provoquer l'ouverture.

Les soupapes métalliques ne redoutent pas les effets de la chaleur, elles peuvent être faites très légères, en les multipliant convenablement pour démasquer un orifice de section totale suffisante, elles permettent de réduire au minimum les espaces nuisibles. On en emploie d'ailleurs des modèles assez variés, soupapes à boulets, disques à tiges guidées, dont la forme offre toutes les variétés connues.

Dimensions du cylindre. Les dimensions du cylindre compresseur, s'établissent en partant du volume d'air comprimé à fournir par minute, au moyen des données suivantes.

Les conditions de marche sont:

Compresseurs à piston hydraulique	15 tours. 0m,75 de vitesse.
A action directe.	60 tours. 1m,50 de vitesse.

d'où l'on déduit le diamètre, la course du piston en résultant.

Moyens pour prévenir l'échauffement de l'air. On peut d'une façon générale porter à 15 0/0 la perte d'effet utile due à l'échauffement de l'air pendant sa compression, ce chiffre croissant à mesure que la pression augmente. On comprend aisément que des soins apportés à combattre cet échauffement, résultent les bonnes conditions d'établissement de ces appareils.

M. Cornet, ingénieur belge, qui a publié des travaux très intéressants sur l'étude de l'air comprimé, donne, en particulier, le tableau suivant qui fait bien ressortir l'influence de cette source de perte.

Tensions en atmosphères	Compression avec température constante en suivant la loi de Mariotte		Compression avec accroissement de température			Perte de travail dû à l'échauffement de l'air pendant sa compression	Rapport entre les nombres des deux dernières colonnes, ou fraction du travail total à développer pour la compression qui se transforme en chaleur
	Volume en mètres cubes	Travail en kilogrammètres	Température en degrés centigrades	Volume en mètres cubes	Travail en kilogrammètres		
1	1.000	»	20°,0	1.000	»	»	»
2	0.500	6.199	85.5	0.612	7.932	733	0.092
3	0.333	11.356	130.4	0.459	13.360	2004	0.150
4	0.250	14.260	165.6	0.374	17.737	3477	0.196
5	0.200	16.580	195.3	0.320	21.209	4629	0.213
6	0.167	18.475	220.5	0.281	24.310	5835	0.240
7	0.143	20.038	243.2	0.252	27.048	7040	0.260
8	0.125	21.422	263.6	0.229	29.518	8096	0.274

Si l'on ajoute à la perte due à l'échauffement dans la compression, celle qui vient s'ajouter par le refroidissement dans la détente lorsque l'on utilise l'air comprimé, laquelle sera d'autant plus grande que partant d'une pression plus élevée on poussera plus loin la détente, on voit que la perte totale due à ces deux causes est d'environ 60 0/0 lorsque l'on comprime à 5 atmosphères, et 65 0/0 à 8 atmosphères.

L'échauffement produit pendant la compression se dissipe très rapidement, et au point de vue pratique dans l'emploi de l'air comprimé, il faut toujours admettre que cette chaleur est à peu près annulée lors de l'emploi, et que pour parer au refroidissement par la détente, il faudra recourir à une source auxiliaire de chaleur.

Tous les moyens employés, pour éviter l'échauf-

fement de l'air dans le compresseur, afin d'éviter la perte considérable du travail dépensé, reposent sur l'emploi de l'eau froide, par trois procédés: refroidissement extérieur, refroidissement par

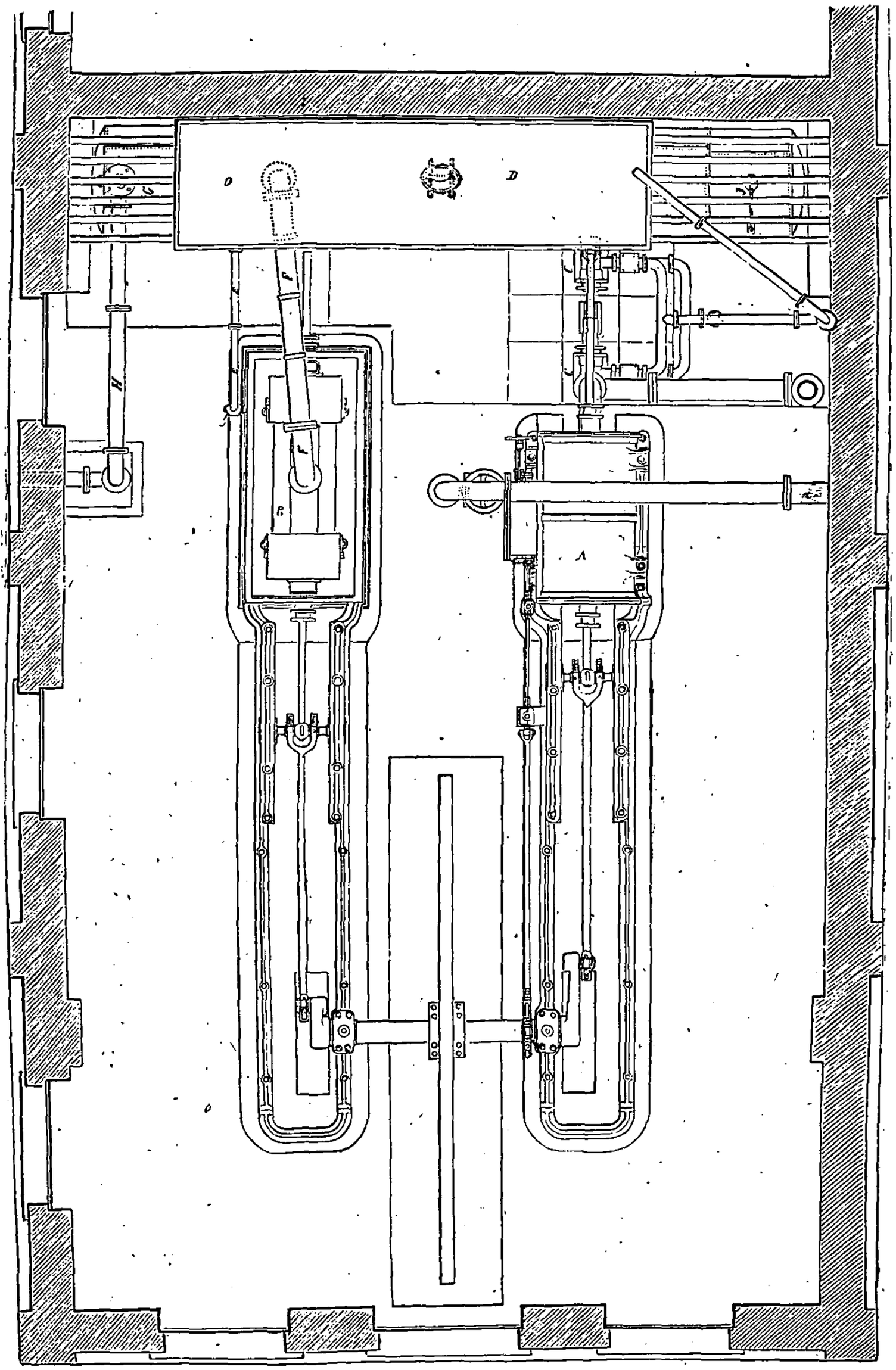


Fig. 406. — *Plan du compresseur de Sars-Longchamp.*

A Cylindre à vapeur. — ***B*** Cylindre à comprimer l'air. — ***C*** Pompes mues par un levier articulé à la tige du piston à vapeur, retirant l'eau *dans les fondations* et l'élevant *dans le réservoir D.* — ***E*** Tuyau d'alimentation de la bâche de refroidissement. — ***F*** Tuyau de refoulement de l'air. — ***G*** Réservoir d'air. — ***H*** Tuyau de distribution — ***I*** Soupape de sûreté.

piston hydraulique, injection d'eau dans l'air comprimé.

Le premier moyen, refroidissement extérieur, et qui consiste à plonger le compresseur dans une

bâche d'eau constamment renouvelée, est le plus simple, mais il n'est efficace qu'autant que la pression à laquelle s'opère la compression est peu élevée, d'autant plus que le maintien de la saturation de vapeur d'eau pour l'air est une des conditions de la réduction de l'échauffement. L'on doit également ranger dans cette catégorie les

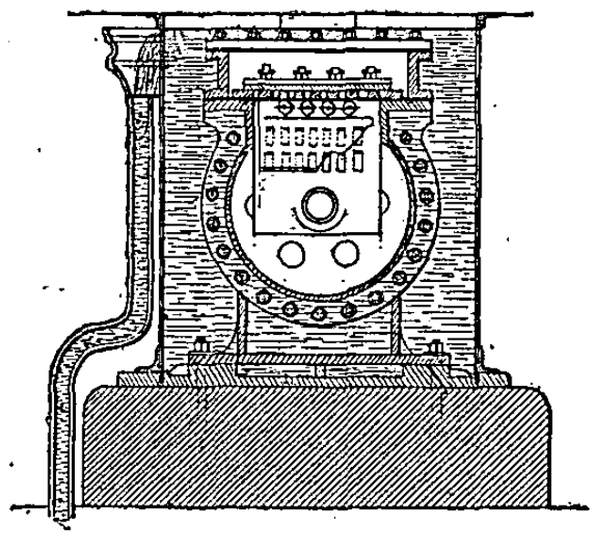


Fig. 407. — *Vue en bout du cylindre compresseur.*

moyens de refroidissement par circulation d'eau à travers le piston et sa tige.

Le second moyen, emploi d'un piston hydraulique, consistant à faire agir le piston, non plus directement sur l'air, mais par l'intermédiaire d'un matelas d'eau, est plus efficace que le précédent, mais sans atteindre encore complètement le but que l'on se propose. De nombreuses expériences ont, en effet, montré que le bénéfice obtenu par ce mode de refroidissement, n'est qu'une petite fraction de la perte totale du travail due à l'échauffement. On explique ce résultat, parce que probablement le matelas d'eau n'agit que par la mince couche d'eau qui reste adhérente aux parois du compresseur; la couche supérieure du matelas d'eau efficace au commencement de la course s'échauffe rapidement et son action devient rapidement nulle.

Le troisième moyen, le plus efficace, consiste dans l'injection d'eau pulvérisée au milieu de la masse d'air pendant sa compression. L'état d'extrême division dans lequel se trouve l'eau a pour résultat de porter son effet refroidissant au plus haut degré, en agissant sur toutes les parties de la masse d'air, et, de plus, ce moyen permet de proportionner la quantité d'eau introduite à l'effet produit. Ce résultat s'obtient à l'aide de petites busettes disposées dans les fonds du cylindre, et fermées par des obturateurs ne donnant passage qu'à de très minces filets d'eau qui se rencontrent à la sortie et se pulvérisent par leur choc.

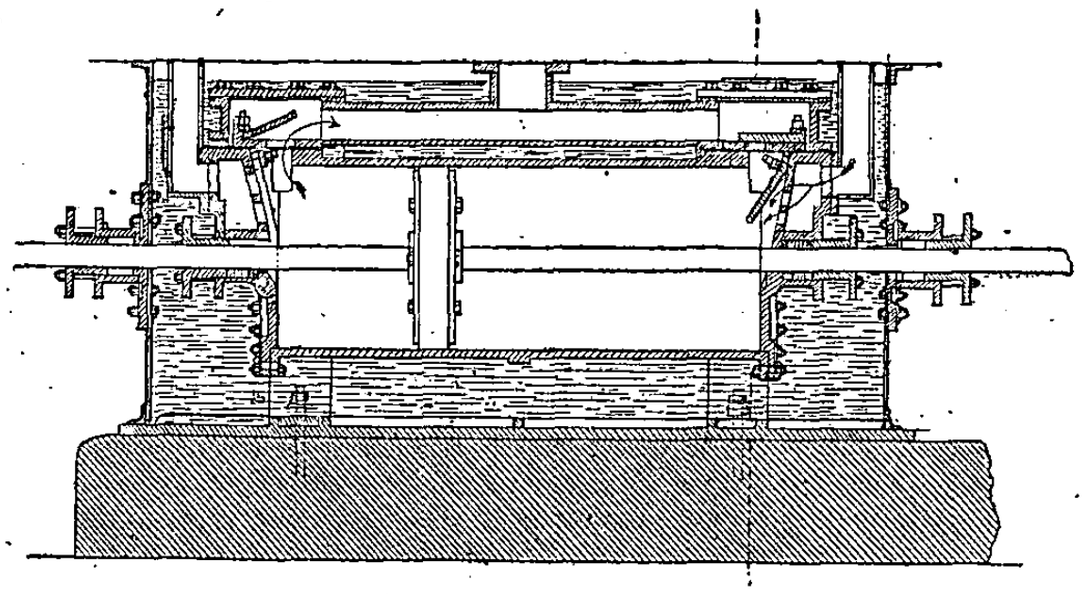


Fig. 408. — *Coupe longitudinale du cylindre compresseur.*

Un autre procédé plus simple, employé avec succès par MM. Sautter et Lemonier, toutes les fois qu'il s'agit de cylindres de petites dimensions, où l'introduction de l'eau en excès ne présente pas d'inconvénients, consiste à donner aux chapelles des soupapes d'aspiration la forme d'une cuvette, où l'on fait tomber un filet d'eau, qui est introduite en même temps que l'air est aspiré.

M. Pernollet, dans son étude très complète, sur l'air comprimé, a calculé les poids d'eau nécessaires à injecter dans un kilogramme d'air comprimé à différentes pressions, en supposant l'eau prise à 20° centigrades, et pour empêcher la température finale de dépasser 40° centigrades. Ces données sont très intéressantes au point de vue pratique et nous les transcrivons ici.

Pression absolue de la compression	Quantité de chaleur développée et à soustraire par l'eau	Poids de cette eau par kilogr. d'air comprimé
atmosphères	calories	kilogr.
2	14.695	0.734
3	23.284	1.164
4	23.292	1.469
5	34.120	1.701
6	37.979	1.891
7	41.264	2.063
8	44.087	2.204
9	45.589	2.329
10	48.816	2.440
11	50.849	2.542
12	52.694	2.634
13	54.391	2.719
14	55.962	2.798
15	57.425	2.871

Il est inutile de dire que tous ces moyens peuvent être employés simultanément, ainsi avec les injections d'eau pulvérisée, on peut refroidir le cylindre du compresseur en le noyant dans une bâche, et établir une circulation d'eau à travers le piston et sa tige.

Ne pouvant décrire ici en détail les nombreux appareils qui ont été construits pour la compression de l'air, nous citerons quelques exemples qui résument chacun de leur côté, les divers modes employés avec tous les perfectionnements qu'on a pu y apporter.

Compresseur de Sars-Longchamp. Ce compresseur installé aux houillères de Sars-Longchamp (bassin houiller du centre belge) par M. Cornet, est destiné à alimenter au fond de la mine, des machines

actionnant un roulage de charbon sur un plan incliné. Cet appareil, installé vers 1864, fut une des premières applications de ce nouvel agent, et malgré cela il peut être décrit comme type à consulter à cause des soins apportés dans sa construction.

Cette machine construite par la Société des ateliers de Haine-Saint-Pierre, sur les dessins de M. Chenard, ingénieur-mécanicien, devait satisfaire aux conditions principales suivantes. Un débit de $3^{m3},300$ d'air comprimé à 3 atmosphères 1/2 effectives, avec une vitesse maximum de $1^{m},50$ par seconde au piston, la vapeur étant à 2 atmosphères 3/4 dans les chaudières et agissant à détente jusqu'à quatre fois le volume primitif. Le volume d'air comprimé représente un travail emmagasiné de 531401 kilomètres par minute ou 8856 par seconde, soit donc pour la machine une puissance de 118 chevaux-vapeur.

La machine est un compresseur horizontal à double effet, à piston agissant directement sur l'air, commandé par une machine à vapeur à cylindre horizontal établi parallèlement au cylindre compresseur (fig. 406). La transmission est directe, elle se fait au moyen d'un arbre à deux manivelles portant un volant et sur lequel s'attellent les bielles du piston à vapeur et du compresseur. Ces deux manivelles sont calées suivant un angle de 72° entre elles, de telle sorte que le moment de la plus grande puissance correspond à celui de la plus grande résistance.

L'aspiration et le refoulement dans le compresseur ; se font par des clapets en caoutchouc de $0^{m},03$ d'épaisseur reposant sur des grilles. Les ouvertures de ces grilles sont au nombre de 14 pour l'aspiration et de 9 pour le refoulement. Les premières ont $0^{m},070$ de longueur et $0^{m},025$ de largeur ; les secondes $0^{m},10$ de longueur et $0^{m},025$ de largeur.

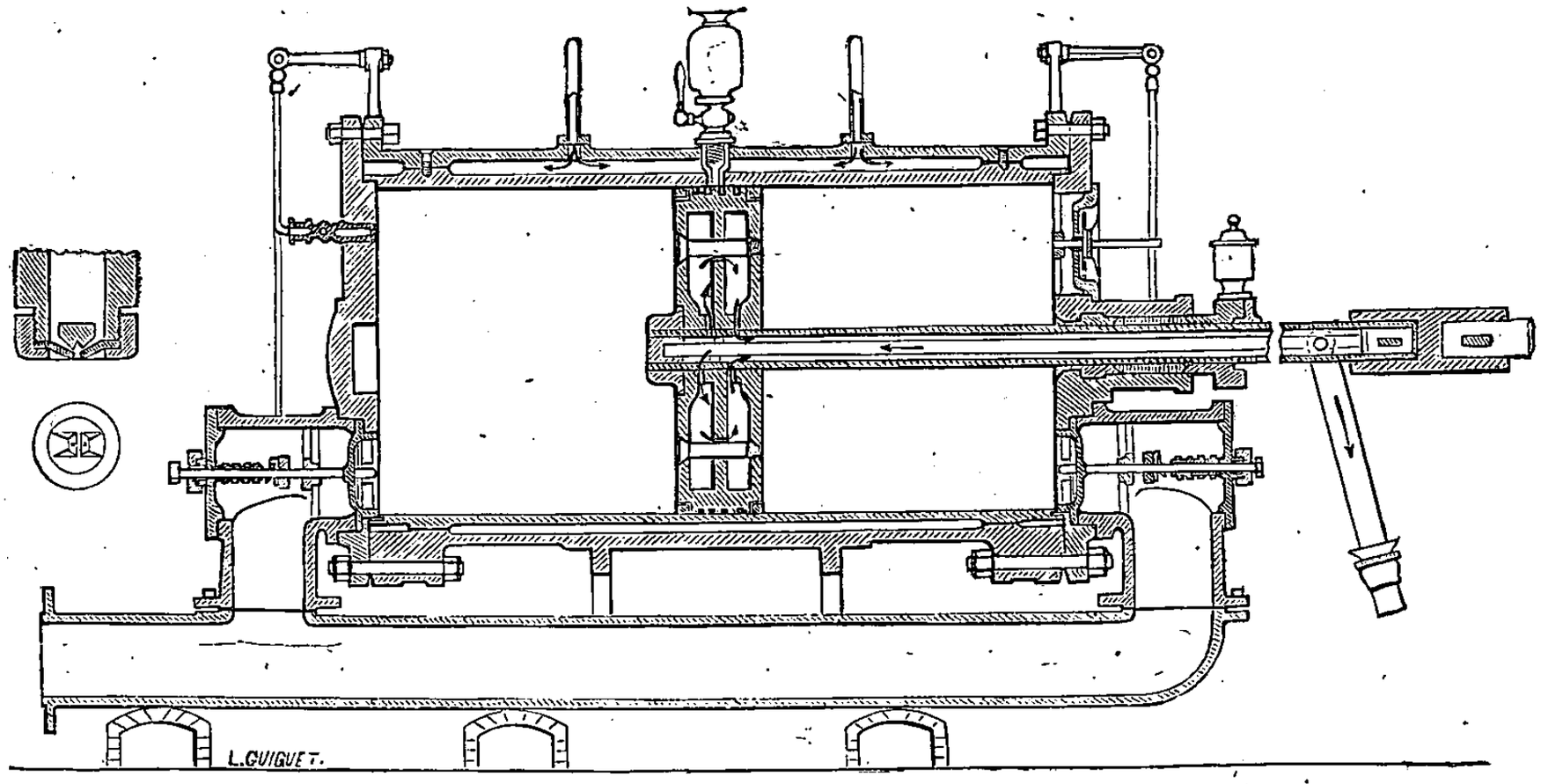


Fig. 409. — *Coupe longitudinale du compresseur Sautter et Lemonier.*

Le cylindre à comprimer que les fig. 407 et 408 montrent en coupe transversale et vu en bout est plongé dans une bâche remplie d'eau, qui se renouvelle constamment. Cette eau est puisée dans les fondations de la machine par une pompe double, mue par un levier articulé à la tige d'arrière du piston à vapeur. Elle est élevée dans un réservoir en tôle, supporté par des poutrelles en fer à $2^{m},50$ au-dessus du pavement du machiniste, et se rend de ce réservoir à la partie inférieure de la bâche à refroidir par un tuyau muni d'un robinet régulateur. L'eau échauffée sort par un trop-plein ouvert à la partie supérieure de la bâche, et se rend au réservoir alimentaire des machines à vapeur.

Tous les joints, dans le compresseur, sont en caoutchouc de $0^{m},05$ à $0^{m},10$ d'épaisseur.

L'air comprimé se rend du cylindre, par un tuyau de $0^{m},20$ de diamètre, dans un réservoir en tôle de $1^{m},20$ de diamètre et $7^{m},40$ de longueur, placé en dessous du plancher du machiniste, pourvu d'un robinet de purge, d'un manomètre, d'un thermomètre, d'une soupape de sûreté et d'une soupape de prise d'air, servant à mettre le réservoir en communication avec la distribution.

Voici quelques données relatives à cet appareil :

Machine motrice.

Diamètre du piston	$0^{m},90$
Course	$1^{m},500$
Volant de $5^{m},50$ de diamètre pesant	3.645 k.
Pression normale de la vapeur	$3^{atm},3/4$
Détente par tiroirs, système Farcot.	

Compresseur.

Diamètre du piston	$0^{m},600$
Surface	$0^{m^2}2827$
Course	$1^{m},500$
Volume utile du cylindre	$0^{m3},424$
Espace nuisible	$0^{m3},00795$
Nombre de tours par minute	35
Vitesse du piston par seconde	$1^{m},50$
Volume effectif débité par minute	$5^{m3},284$

La température de l'eau dans la bâche ne dé-

passe pas 40° ; celle de l'air est d'environ 60° a 70°. Cette machine fonctionne depuis 1865 dans d'excellentes conditions ; la durée des clapets est de trois mois.

Compresseur Sautter et Lemonier, *système Colladon*. Nous avons déjà dit que c'est au professeur Colladon qu'on doit l'injection de l'eau pulvérisée dans le compresseur, procédé qui est le plus efficace pour combattre l'échauffement de l'air et diminuer la perte de travail. Nous allons donner un type de machine construite, suivant ce système, par MM. Sautter et Lemonier.

Cette machine, employée aux mines de Lens (Pas-de-Calais), est très semblable à celle employée déjà au tunnel du Saint-Gothard, elle est à deux cylindres à vapeur conjugués, reliés par bielles et manivelles à un arbre à volant. Les tiges des pistons à vapeur commandent en arrière directement celles des compresseurs. Le moteur à vapeur est à haute pression et détente variable, par quatre soupapes commandées par des cames prenant leur mouvement sur l'arbre qui porte le volant.

Les cylindres compresseurs sont en fonte, à double enveloppe, avec circulation d'eau autour du cylindre, ainsi qu'à l'intérieur du corps du piston et de sa tige (fig. 408).

Le piston est en fonte, du système Ramsbotton, avec cinq cercles en acier logés dans des rainures spéciales pour former la garniture et en plus de deux garnitures Giffard ; il est creux comme la tige. L'eau de refroidissement arrive

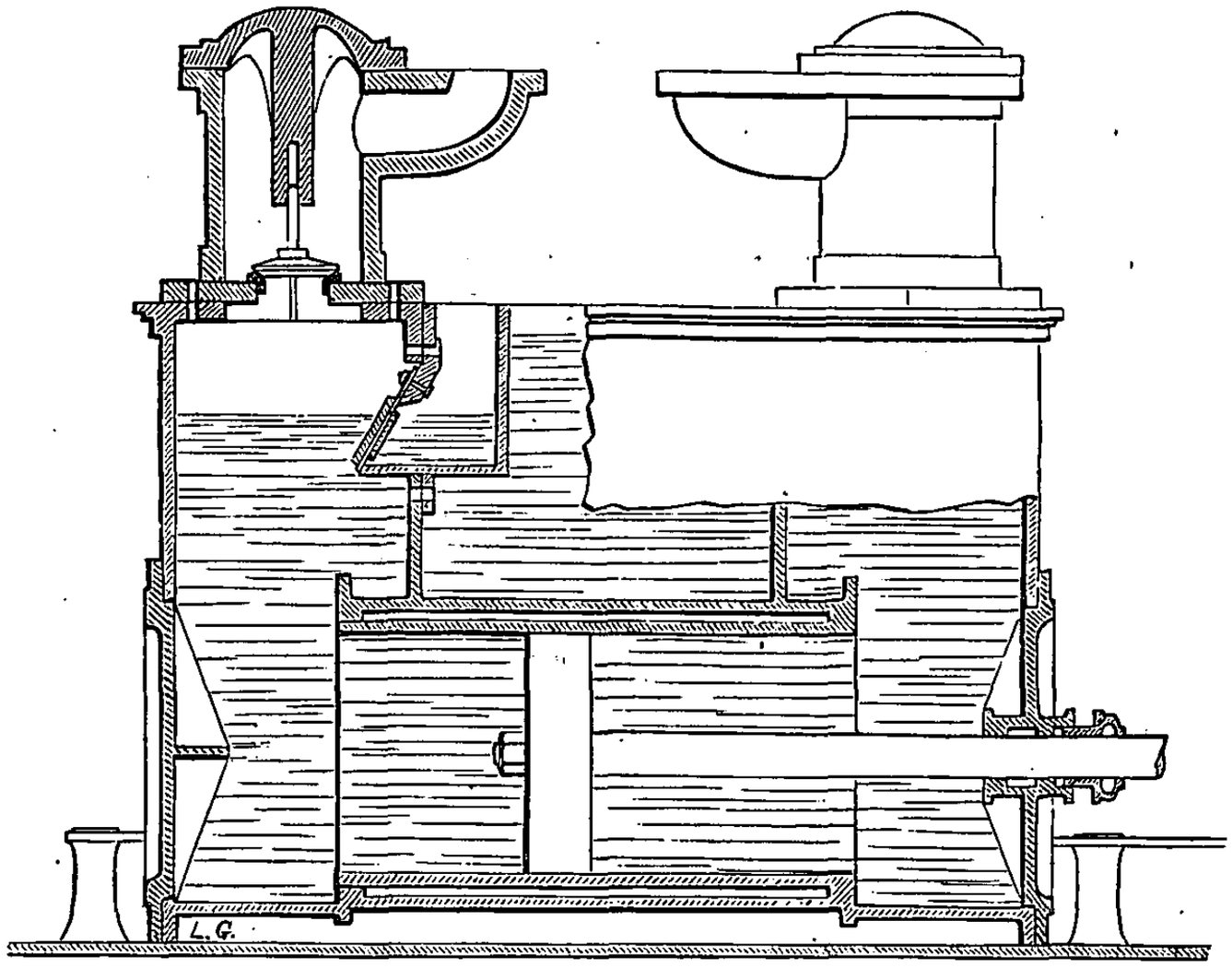


Fig. 410 — *Compresseur à piston hydraulique.*

dans cette tige, qui ne traverse pas le fond postérieur du cylindre, par un tuyau intérieur articulé, à joint télescopique, établi en avant du cylindre, passe dans le piston, retourne dans le vide annulaire formé par la tige même et le tuyau précédent, et sort par un autre tuyau semblable disposé symétriquement au premier. Cette eau arrive d'un réservoir à air comprimé, où la refoulent des pompes spéciales.

Les soupapes pour le service de l'air sont portées par les fonds des compresseurs, au nombre de trois par fond, deux d'aspiration à la partie supérieure et une de refoulement à la base. Elles sont toutes en bronze, très légères, avec guide des deux côtés, et maintenues sur leur siège par des ressorts à boudins. Ces soupapes sont d'un service excellent et d'un entretien des plus faciles.

L'injection d'eau dans le cylindre se fait au moyen de trois busettes d'injection disposées symétriquement par rapport à l'axe sur chacun des fonds du cylindre compresseur. Elles sont pourvues de robinets pour en régler le débit et vérifier leur fonctionnement. L'eau d'injection est fournie par une pompe à double effet mue par une came montée sur l'arbre du volant.

La figure 409 permet de suivre les dispositions qui viennent d'être décrites. Elle représente la coupe générale du compresseur. Les fonds du cylindre sont compris suivant les plans parallèles à l'axe, mais différents, afin de montrer les deux genres de soupapes, ainsi que la busette d'injection, représentée en détail par la petite figure ajoutée à côté.

Voici quelques éléments numériques relatifs à cet appareil :

Pression absolue de l'air		5 atm.
Volume d'air fourni par les compresseurs.		$8^{m3},245$
Machines motrices	Diamètres des pistons.	
	Course des pistons.	
	Pression de la vapeur.	
	Détente à 1/2. Volant de 7,200 kil.	

Compresseur	Diamètre des pistons.	0m.540
	Surface des pistons.	0m²,22.90.22
	Course des pistons.	1 mètre
	Volume utile des cylindres. .	0m³,229.022
	Nombre de tours par minute.	35 à 45
	Vitesse maxima du piston . .	1m,50

COMPRESSEUR A PISTON HYDRAULIQUE. La figure 410 montre la disposition intérieure d'un compresseur à piston hydraulique. Chaque compresseur se compose d'un cylindre horizontal fixé dans une bâche rectangulaire, qui l'enveloppe complètement, en laissant tout autour de lui passage à une circulation d'eau. A chacune de ses extrémités, cette bâche porte des chapelles, où sont disposées les soupapes. Celle d'aspiration est un clapet rectangulaire en cuir avec surcharge métallique tournant autour de son arête supérieure sur un siège incliné. Celle de refoulement est conique, en bronze, dont la tige se déplace dans une sorte de moteur qui en limite le jeu. Une arrivée d'eau derrière la soupape d'aspiration sert à remplacer, dans le compresseur, celle que l'air entraîne avec lui, en pénétrant avec l'air aspiré du dehors. Le piston est attelé directement sur la tige du piston à vapeur ; son passage est garni à l'aide d'un cuir embouti.

Ainsi que nous l'avons dit au commencement, une installation d'air comprimé destinée à quelque service que ce soit pris en général comporte, en dehors du compresseur proprement dit, d'autres éléments, sur lesquels il nous reste à dire quelques mots.

APPAREILS DE DISTRIBUTION DE L'AIR COMPRIMÉ. Ces appareils peuvent se distinguer en deux parties : l'une essentielle, qui comprend le réservoir d'emmagasinement de l'air comprimé sortant du compresseur et les tuyaux de distribution qui le répartissent aux divers points où il sera utilisé ; l'autre, qu'on peut appeler accessoire, comprenant des robinets purgeurs, des vannes de fractionnement, des appareils de sûreté, d'allongement rapide, etc.

Réservoirs. Ces réservoirs sont destinés à recevoir l'air à la sortie des compresseurs, où il s'accumule pendant les arrêts des services qui le consomment, et où, de plus, il abandonne la plus grande partie de l'eau qu'il contient, et où, enfin, il repasse à la température ambiante. Mais leur rôle principal est celui de régulateurs de pression.

Ce sont des appareils métalliques assez semblables à des chaudières, construits étanches et de façon à résister à la pression intérieure de l'air accumulé ; aussi, comme les chaudières, sont-ils pourvus de trou d'homme, de manomètre, de soupape de sûreté, de robinets purgeurs avec tube indicateur pour l'eau qui s'y dépose. Dans les installations un peu considérables, ces réservoirs sont multiples et peuvent être rendus indépendants les uns des autres. Quant à la capacité de ces réservoirs, on peut, en se basant sur les moyennes relevées d'après les exemples divers de ce genre de travaux, admettre la règle suivante : la capacité des réservoirs devra représenter 10 à 15 fois la consommation par minute dans le cas de consommations variables, et 4 à 5 fois seulement cette consommation dans le cas de consommations régulières.

Tuyaux de distribution. On peut dire qu'en général il faut adopter les tuyaux en fer étiré, qui, pour les diamètres moyens de 0m,10 à 0m,15, ne sont pas plus coûteux et sont plus flexibles et plus légers. Toutefois, pour de gros diamètres, par suite des questions de prix, ou bien encore si ces tuyaux sont exposés à des eaux corrosives ou à de grands frottements, il faut donner la préférence à la fonte. Quant aux tuyaux en cuivre, en caoutchouc, ils ne sont employés que pour des services accessoires.

Le diamètre à donner aux tuyaux, au point de vue théorique, devrait être le plus grand possible, et si on ne suit pas cette règle d'une façon absolue, c'est que, d'autre part, les questions de dépenses interviennent à leur tour. Il résulte, en effet, d'expériences faites par les ordres du gouvernement sarde, lors des travaux du Mont-Cenis, sur la résistance que l'air éprouve dans les conduits, que la perte de pression due aux frottement est presque en raison directe du carré des vitesses, en raison directe des longueurs et en raison inverse des diamètres. Voici un tableau qui résume le résultat de ces expériences.

Longueur des conduites 1,000 mètres		Pertes de pression en millimètres de mercure, pour des conduites de diamètre intérieur					
		0m,10	0m,15	0m,20	0m,25	0m,30	0m,35
Vitesse à l'origine	1 mèt.	6	4	3	3	2	2
	2 —	26	18	13	11	9	8
	3 —	62	42	31	25	21	18
	4 —	108	72	54	44	36	31
	5 —	167	112	84	67	56	48
	6 —	233	156	117	94	78	67

Le volume d'air employé pour obtenir un effet déterminé est, comme nous venons de le dire, en raison inverse des pressions. Il en résulte que, pour un même diamètre de conduite, les vitesses qu'y prendra l'air seront aussi en raison inverse des pressions. Conséquemment, les pertes résultant des frottements croîtront en raison inverse des carrés des pressions, c'est-à-dire qu'elles seront 49 fois plus grandes à 1 atmosphère qu'à 7.

Pour n'avoir, quelle que soit la pression, que la même perte de frottement, les sections des tuyaux devraient être en raison inverse des carrés des pressions, et leurs diamètres en raison inverse de ces pressions. Si à 7 atmosphères on emploie des tuyaux de 0m,10, il faudra, à 6 atmosphères, des tuyaux de 0m,20 ; à 5, 0m,30, et enfin à 1 atmosphère des tuyaux de 0m,70.

L'emploi de la détente, ayant pour effet de diminuer le volume d'air employé, permettra de réduire un peu ce diamètre.

M. Cornet a publié un tableau qui met ce dernier fait en évidence, où l'on peut suivre les pertes de pression, les variations des sections, en prenant pour unité de comparaison le chiffre 1000, comme représentant l'unité de section et de résis-

tance à la pression de 7 atmosphères sans emploi de détente.

Pressions effectives	Pertes pour la même section de conduite		Sections pour même résistance	
	à pression pleine	à détente double du volume primitif	à pression pleine	à détente double du volume primitif
1	49000	23383	7000	4820
1 1/2	21777	8798	4641	2948
2	12250	4594	3487	2136
2 1/2	7840	2901	2767	1684
3	5444	1949	2320	1390
3 1/2	4000	1420	1987	1182
4	3062	1069	1743	1030
4 1/2	2414	835	1551	912
5	1960	688	1385	820
5 1/2	1619	544	1282	743
6	1361	467	1158	680
6 1/2	1159	391	1077	626
7	1000	335	1000	579

Lorsque la conduite est verticale descendante, il y a lieu de tenir compte de l'augmentation de pression qui résulte du poids de la colonne d'air même et qui vient diminuer la perte précédente.

Dans la pratique, voici les diamètres adoptés généralement :-

0m,15 à 0m,25 pour les maîtresses conduites, ordinairement en fonte.

0m,075 à 0m,150 pour les conduites secondaires en fer étiré.

0m,050 à 0m,075 pour les branchements extrêmes en fer étiré.

0m,025 à 0m,050 pour les raccords flexibles, en caoutchouc.

Le meilleur joint pour les tuyaux en fonte est le joint à collets plats (fig. 411), venus de fonte ou soudés au tuyau, avec interposition d'une garniture en caoutchouc, que l'on serre à l'aide de boulons et qui pénètre, en plus, dans de petites rainures en grain d'orge pratiquées autour, en dressant les plats à mettre en regard. Pour les tuyaux en fer, le procédé reconnu le plus avantageux consiste à braser, à chaque extrémité du tuyau, un collet en fer, ou à découper dans une plaque le passage du tuyau, puis dans l'épaisseur de ce collet une rainure de même largeur que le trou central, où l'on loge une baguette de cuivre rouge, qui, par la soudure, établit la réunion du tuyau et du collet. Les deux collets sont réunis par des boulons, avec interposition d'une rondelle en caoutchouc (fig. 412).

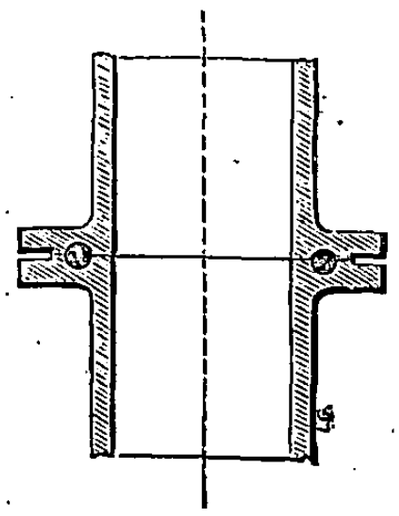


Fig. 411.

A côté de ces joints, couramment employés, chaque installation différente peut présenter des joints variés appropriés à des services spéciaux.

Les conduites verticales sont soutenues, de distance en distance, à l'aide de colliers ou de pattes reposant sur des sommiers en chêne encastrés dans le revêtement intérieur. Quant aux conduites horizontales, elles sont soutenues en l'air, soit par des crampons, par des étriers, ou reposent sur des rouleaux en fonte, qui eux-mêmes peuvent être établis sur le sol ou dans des étriers suspendus aux toits des galeries.

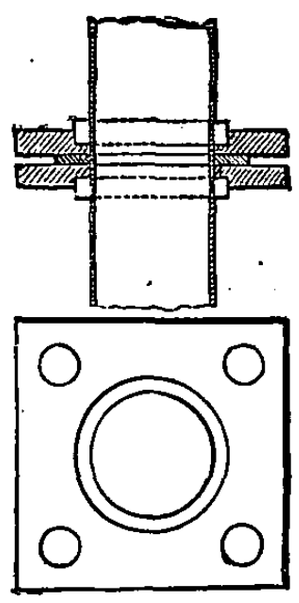


Fig. 412.

Les boîtes à dilatation, les joints compensateurs, les tuyaux en S en cuivre flexible, pour la même destination, ne présentent aucune particularité spéciale à leur emploi pour l'air comprimé.

L'emploi de la détente, lors de l'utilisation de l'air comprimé dans les machines qu'il actionne, offre, comme on l'a vu à propos de l'étude théorique de la compression de l'air, de grands avantages ; mais, d'autre part, il y a toutefois une certaine perte de travail due au refroidissement qui accompagne cette détente, refroidissement qui impose certaines limites à l'emploi pratique de la détente, pour éviter la congélation de l'eau toujours entraînée par l'air, qui pourrait produire l'obstruction et l'arrêt des machines. Il y aurait donc, dans ce cas, à établir un service réchauffeur inverse du service réfrigérant installé pour les compresseurs.

Divers procédés ont été réalisés pour atteindre ce résultat. Il suffira, ici, d'en faire mention pour compléter les notions relatives à l'emploi de l'air comprimé. Circulation d'eau chaude autour des appareils, ou mieux injection d'eau chaude dans l'air au moment de la détente, moyens établis à l'inverse de ceux employés dans le cas précédent. Mais les circonstances locales où l'on se trouve placé quand on utilise l'air ne permettent pas toujours d'appliquer ces procédés, non plus que ceux qui consistent à faire circuler l'air comprimé préalablement dans un appareil réchauffeur à feu direct ou à eau chaude ; c'est, par exemple, le cas des appareils placés au fond des mines, si surtout l'air ambiant contient du grisou. Un artifice ingénieux a permis, dans ce cas, de tourner la difficulté. Il consiste à faire circuler l'air employé à travers un serpentin disposé dans une caisse remplie de chaux vive éteinte par immersion, et qui procure une source de chaleur difficile à obtenir à l'aide des procédés précédents.

Quant à la valeur relative des divers systèmes de compresseur, on peut tout d'abord les ramener à deux types principaux : les compresseurs à piston agissant directement sur l'air à comprimer, et ceux à piston hydraulique. Les premiers sont incontestablement les plus perfectionnés, lorsqu'on y emploie les moyens de refroidissement à injection d'eau pulvérisée dus au professeur Colladon. Ils peuvent marcher à une grande

vitesse, ce qui permet un grand débit, avec des dimensions relativement petites, et par suite une réduction dans les dépenses d'établissement. On peut y comprimer l'air aux pressions les plus élevées que la pratique emploie jusqu'ici; enfin, seuls ils se prêtent à une transmission directe.

Quant aux prix d'établissement de ces machines, on comprend qu'il est essentiellement variable, suivant leur importance, les circonstances locales de construction, et qu'il est à peu près impossible de donner, à cet égard, des éléments moyens. En comparant les résultats relevés sur un certain nombre d'installations en fonctionnement, on peut établir un prix moyen de revient pour le mètre cube d'air comprimé. Les frais de production proprement dits, c'est-à-dire la dépense en main-d'œuvre et en consommations courantes pour le service et l'entretien journalier des appareils, s'élèvent à 17 centimes par mètre cube lorsque l'on comprime à plus de 5 atmosphères absolues, et à 15 centimes à 4 atmosphères seulement. Si le moteur n'est pas spécial au compresseur, ce prix peut être abaissé, et enfin, s'il est complètement gratuit, comme dans le cas d'une machine hydraulique, ces frais peuvent s'abaisser à 1 centime, surtout si la pression ne dépasse pas 3 atmosphères. — R.

COMPRESSIBILITÉ. *T. de phys. et de mécan.* Propriété que possèdent les corps, à divers degrés, de pouvoir diminuer de volume quand on exerce sur eux des pressions plus ou moins grandes. Les corps solides sont peu compressibles, les liquides le sont généralement un peu plus, enfin les gaz le sont incomparablement plus; on peut les réduire à des fractions très petites de leur volume, avant de les liquéfier. Cette diminution de volume des corps par la pression ne s'explique qu'en admettant que la matière est formée de molécules qui ne se touchent pas; et comme, en général, les corps reprennent plus ou moins complètement leur volume initial quand la pression cesse, il faut admettre qu'indépendamment des *forces attractives* qui s'exercent entre les molécules d'un même corps, il y a aussi des *forces répulsives* qui font équilibre aux premières, dans des conditions déterminées de température et de pression; et ces forces moléculaires, dont on ignore les lois, varient avec la nature des corps puisque ceux-ci, à volume égal et sous la même pression, ne diminuent pas de la même quantité.

1° **Compressibilité des solides.** La compressibilité ou la diminution de volume d'un corps solide, soumis à une pression croissante, n'est pas exactement proportionnelle à cette pression, du moins entre des limites suffisamment étendues; car à mesure que les molécules tendent à se rapprocher sous l'action comprimante, les forces répulsives croissent (suivant des lois qu'on ignore), plus rapidement que l'augmentation de pression. On nomme *coefficient de compressibilité* d'un corps, la quantité dont l'unité de volume de ce corps (le centimètre cube) diminue pour l'unité de pression (une atmosphère) à une température déterminée (zéro degré).

A la suite d'expériences nombreuses, on a dressé des tableaux de compressibilité de diverses substances employées dans les arts et les constructions; mais les chiffres obtenus manquent en général de cette précision qu'on aime à trouver dans les résultats scientifiques. D'ailleurs, ces tableaux trouveront leur place naturelle dans les articles traitant de l'élasticité et de la résistance des matériaux.

La seule loi que l'on connaisse sur ce sujet est celle de la *compressibilité cubique* des solides homogènes. Quand on comprime un corps à la fois sur toute la surface, toutes ses dimensions diminuent proportionnellement, sa densité augmente et son volume reste semblable à lui-même pour toutes les pressions possibles. Le volume final V', est lié au volume primitif V et à la pression P, par la relation suivante : $V' = V(1 - Pc)$ dans laquelle c est le coefficient de compressibilité cubique.

La compressibilité des solides a permis à M. Tresca de montrer, par les résultats de nombreuses expériences, que les corps solides peuvent, sans changer d'état, s'écouler à la manière des liquides lorsqu'on exerce à leur surface des pressions suffisamment grandes. Il a constaté ces phénomènes d'écoulement pour les métaux mous et les métaux durs, pour les matières plastiques, telles que les pâtes céramiques, pour les matières pulvérulentes, tels que les plombs de chasse, pour la glace, etc.

2° **Compressibilité des liquides.** Cette propriété longtemps ignorée, puis soupçonnée au XVII^e^ siècle par les académiciens de Florence, niée, puis constatée en 1761 par Canton, a été évaluée par Perkins en 1819, par Oersted en 1834 et, enfin, mesurée avec précision par Sturm et Colladon en 1837 et, de nos jours, par M. Regnault, par M. Grassi et par MM. Jamin, Amoury et Descamps. Il faut dire que les résultats obtenus récemment diffèrent sensiblement les uns des autres. La compressibilité des liquides se mesure avec un instrument nommé *piézomètre*, imaginé par OErsted, modifié ensuite, et surtout par M. Regnault. Nous ne parlerons que du dernier. Il consiste essentiellement en un cylindre en métal ou en verre surmonté d'une tige thermométrique en verre bien calibrée. Le réservoir du piézomètre est renfermé dans un cylindre de cuivre rempli d'eau et dont le couvercle boulonné est traversé par la tige graduée. La partie supérieure communique avec un réservoir d'air comprimé. Le piézomètre peut être, à volonté, comprimé seulement à l'intérieur, ou à l'extérieur, ou des deux manières simultanément; disposition qui permet de déterminer la compressibilité de l'enveloppe et celle du liquide.

Le *coefficient moyen de compressibilité apparente* d'un liquide s'obtient en divisant la contraction totale observée (entre deux limites quelconques de l'échelle des pressions) par le volume et par la pression exprimée en atmosphères. Pour avoir le *coefficient de compressibilité réelle ou absolue*, il faut retrancher du précédent le coefficient de compressibilité de l'enveloppe (verre ou métal); c'est ce dont les expérimentateurs, et notamment

M. Regnault, ont tenu compte, en déterminant avec précision cette dernière donnée indispensable, et ce qu'exprime le tableau suivant:

Tableau des coefficients de compressibilité absolue des principaux liquides, d'après M. Grassi (méthode de M. Regnault).

Liquides	Température	Compressibilité	Pressions en atmosphères
Mercure. . . .	0°	0.00000295	»
Eau	0	0.0000503	»
Eau	25	0.0000456	»
Eau	53	0.0000441	»
Ether	0	0.0001110	3.408
Ether	14	0.0001400	1.580
Alcool.	7.3	0.0000828	2.302
Alcool.	13.1	0.0000904	1.570
Chloroforme. .	8.5	0.0000625	»
Chloroforme. .	12.5	0.0000648	9.2

On peut remarquer que le mercure est le liquide qui se comprime le moins et l'éther celui qui se comprime le plus; que le coefficient de compressibilité d'un liquide n'est pas un nombre constant; qu'il diminue pour l'eau quand la température s'élève; qu'il augmente, au contraire, pour l'éther, l'alcool et le chloroforme. Ce qui signifie que la compressibilité n'est pas proportionnelle à la pression; mais qu'elle est une fonction probablement complexe de cette pression et de la température.

M. Grassi a déterminé aussi la compressibilité de l'acide sulfurique à divers équivalents d'eau, et celle de différentes combinaisons salines. Il a reconnu que la compressibilité de ces dissolutions aqueuses est constante comme celle de l'eau pure (pour la même température) et qu'elle diminue quand la proportion de sel augmente. Il a trouvé aussi que la compressibilité du verre ne varie pas sensiblement entre 0° et 53°; c'est-à-dire qu'entre ces limites elle est proportionnelle à la pression.

3° **Compressibilité des gaz.** On savait anciennement que l'air contenu dans une outre était compressible; mais on ignorait la relation qui pouvait exister entre le volume de cet air et la pression à laquelle on le soumettait. C'est Mariotte en France et Boyle en Angleterre qui, vers la même époque, 1650, découvrirent cette loi, qui chez nous porte le nom de *loi de Mariotte* et qui s'énonce ainsi: *les volumes d'une même masse de gaz sont inversement proportionnels aux pressions supportées par ce gaz, la température demeurant constante;* on la formule de la manière suivante:

$$\frac{V}{V'}=\frac{P'}{P},$$

ou, d'après la notation en usage

$$\frac{V_o}{V}=\frac{P}{P_o}.$$

On en tire cette autre relation $V_o P_o = VP$; d'où ce second énoncé: *le produit du volume d'un gaz par sa pression est un nombre constant.* Si l'on remarque que les densités des corps sont en raison inverse des volumes occupés par des poids égaux de ces gaz, on en déduit:

$$\frac{V_o}{V}=\frac{d}{d_o}=\frac{P}{P_o}$$

d'où ce troisième énoncé: *les densités des gaz sont proportionnelles aux pressions qu'ils supportent.*

Nous n'entrerons pas dans le détail descriptif des appareils nombreux qui ont servi aux expérimentateurs à démontrer cette loi, ou à constater et mesurer les écarts que présentent à ce sujet les divers gaz. Nous renvoyons pour ces descriptions aux traités de physique. Nous allons voir, en effet, que cette loi, qui s'applique à un grand nombre de phénomènes, est loin d'avoir la généralité et l'exactitude que suppose son énoncé.

Sans nous arrêter aux expériences d'OErsted, de Dulong et Arago, de Van-Marum, de Despretz, de Pouillet, etc., qui n'ont eu pour effet que de montrer que différents gaz, en se comprimant, ne suivent pas la loi de Mariotte et qu'ils s'en écartent d'autant plus qu'ils sont plus facilement liquéfiables, arrivons aux expériences très exactes, faites, en 1847, par M. Regnault, expériences desquelles il a conclu: 1° que, pour tous les gaz, les écarts entre les résultats de l'observation et la loi de Mariotte sont d'autant plus grands que la pression devient plus forte; 2° que pour l'air, l'azote, l'oxygène et l'acide carbonique, la compressibilité va croissant avec la pression et que, de plus, elle suit, pour chacun de ces gaz, des lois spéciales; 3° que pour l'acide sulfureux, l'ammoniaque, cette compressibilité est plus grande encore; 4° que l'hydrogène, ainsi que l'avait remarqué Despretz, se présente comme une anomalie, en ce sens que sa compressibilité, qui est très faible d'ailleurs, au lieu de croître, comme celle des autres gaz, diminue, au contraire, avec la pression, semblable en cela à un ressort dont la force élastique parfaite s'accroît à mesure qu'on le comprime davantage.

La loi de Mariotte était aussi regardée comme exacte pour des mélanges de gaz qui n'ont entre eux aucune action chimique, soit par l'effet de leur contact, soit par l'effet de la pression. Si la loi est en défaut pour chaque gaz en particulier qui suit une loi spéciale, on peut juger que la compressibilité d'un mélange tel que nous le supposons présenterait, dans la série des pressions auxquelles on pourrait le soumettre, des variations bien complexes et peu susceptibles d'être formulées en langage ordinaire. On verra plus loin, relativement à la température, d'autres résultats qui montreront encore des écarts d'une autre nature concernant la loi de Mariotte.

Bien que la loi de Mariotte ne soit rigoureusement vraie pour aucun gaz, néanmoins comme les écarts qui viennent d'être rappelés sont peu sensibles pour les pressions et les températures ordinaires (en ce qui concerne les gaz non facilement liquéfiables et notamment l'air), on peut regarder cette loi comme applicable pratiquement, en toute rigueur, dans les expériences habituelles relatives à la compressibilité des gaz. Mais on sait ce qu'on doit entendre par cette loi en théorie.

Résultats extraits des tables d'expériences de M. Regnault: ce sont, pour les quatre gaz expéri-

mentés, les valeurs des pressions qui, en agissant sur une même masse de gaz dont le volume, sous la pression atmosphérique, est pris pour unité, la réduisent successivement aux volumes

$$\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}.$$

Volumes	Pression d'après la loi de Mariotte	Air	Azote	Acide carbonique	Hydrogène
	atmosphères	atmosph.	atmosph.	atmosph.	atmosph.
1	1	»	»	»	»
1/2	2	1.998	1.999	1.983	2.001
1/4	4	3.987	3.992	3.897	4.007
1/8	8	7.946	7.964	7.519	8.034
1/16	16	15.804	15.860	13.926	16.102

On voit par ce tableau que les différences entre les résultats théoriques et ceux de l'expérience vont en augmentant très rapidement avec la pression, et qu'il est impossible de les attribuer à des erreurs systématiques d'observation ; car pour l'air, par exemple, à 8 atmosphères cette différence correspondrait à 0,054 d'atmosphère, c'est-à-dire à une erreur de $760^{mm} \times 0{,}054 = 41^{mm}$ sur la hauteur du mercure, ce qui est absolument inadmissible. Relativement à l'acide carbonique ces différences deviennent tellement considérables, pour les fortes pressions, que la loi de Mariotte ne peut même plus être considérée comme une expression approchée des résultats.

Le tableau suivant contient, pour chacun des gaz soumis à l'expérience, la valeur du produit $\frac{P_o}{P} \times \frac{V_o}{V}$, lorsque P est sensiblement égal au double de P_o. Ce produit devrait être égal à l'unité si la loi de Mariotte était exacte dans ces limites.

Gaz	$\frac{P_o}{P} \times \frac{V_o}{V}$
Air	1.00215
Bioxyde d'azote	1.00285
Oxyde de carbone	1.00293
Protocarbure d'hydrogène	1.00634
Protoxyde d'azote	1.00651
Acide chlorhydrique	1.00925
Acide sulfhydrique	1.01083
Gaz ammoniac	1.01881
Cyanogène	1.02353
Acide sulfureux	1.02352

Il est facile de voir que les variations de ce produit sont d'autant plus grandes que le gaz considéré est plus facilement liquéfiable.

Les résultats qui précèdent se rapportent aux expériences faites sur les gaz à la température ambiante. M. Regnault a opéré aussi sur eux à des températures supérieures, mais en modifiant le mode d'expérimentation, d'après cette remarque, que si l'on désigne par D_o et D, par V_o et V les volumes d'une même masse gazeuse dans les mêmes conditions, on a

$$\frac{P_o}{P} = \frac{D_o}{D} = \frac{V}{V_o}.$$

De sorte que l'étude des variations du rapport $\frac{V}{V_o}$ peut être ramené à celle du rapport $\frac{D_o}{D}$. Il suffit donc alors, pour vérifier la loi de Mariotte, de peser, à une même température, 100° par exemple, un ballon successivement rempli de gaz à des pressions différentes, C'est ce que M. Regnault a fait pour l'acide carbonique et sous des pressions inférieures à une atmosphère. Ayant observé que, dans ces conditions, le gaz suit sensiblement la loi de Mariotte, il avait cru pouvoir généraliser le fait, en admettant qu'il existe, pour chaque gaz, une température à laquelle il se comprime ou se dilate conformément à la loi théorique et qu'en deçà de cette température sa compressibilité augmente, tandis qu'au delà elle diminue, comme celle dont l'hydrogène nous fournit un exemple à la température ordinaire. C'est-à-dire que l'écart, par rapport à la loi de Mariotte, changerait de signe à une certaine température particulière à chaque gaz. Mais d'après les expériences de M. Amagat, ce changement ne se manifeste ni pour l'air, ni pour l'hydrogène jusqu'à la température de 320°. La forme asymptotique de la courbe qui représente les résultats indiquerait, au contraire, que chacun des gaz tend, à mesure que la température s'élève, vers un état dans lequel il suivrait rigoureusement la loi de Mariotte.

On a aussi étudié la compressibilité des gaz sous des pressions très élevées et sous des pressions très faibles. M. Cailletet, en soumettant l'air et l'hydrogène à des pressions graduellement croissantes jusqu'à 700 atmosphères, a constaté que la compressibilité de l'hydrogène continue à décroître de plus en plus; mais que celle de l'air, après avoir augmenté jusqu'à la pression de 30 atmosphères, atteint un *maximum*, à partir duquel elle décroît pour des pressions supérieures ; et le décroissement est même plus rapide qu'avec l'hydrogène.

D'autre part, deux savants Russes, MM. Mendéléeff et Kirpitschoff ayant fait diminuer progressivement la pression d'une masse d'air, depuis 650 millimètres jusqu'à $0^{mm},5$, ont trouvé que le produit du volume par la pression, au lieu de tendre vers une valeur constante, *diminue* à mesure que la pression devient moindre ; résultat inverse de celui que les expériences de M. Regnault auraient pu faire prévoir.

Ces divers résultats peu concordants prouvent tous une chose, c'est que la loi de Mariotte est une formule dont l'expérience dément la rigueur et qui cesse d'être une vérité absolue; ce n'est plus, selon quelques physiciens, qu'un cas spécial, une sorte de point de passage, et selon d'autres c'est une limite vers laquelle tendent tous les gaz, mais qu'aucun d'eux ne peut atteindre rigoureusement.

Néanmoins, comme les écarts qui viennent d'être rappelés sont très peu sensibles pour les pressions et les températures ordinaires (en ce qui concerne les gaz non facilement liquéfiables et notamment l'air), on regarde la loi de Mariotte comme applicable pratiquement en toute rigueur; dans les expériences habituelles relatives à la

compressibilité des gaz. Mais on sait ce qu'il faut entendre par cette loi en théorie.

Pour les *limites de la compressibilité*, V. Liquéfaction. Pour les applications, V. Manomètre, Compresseur, Compression de l'air. — C. D.

COMPRESSION. *T. de phys.* Action mécanique qu'exerce sur un corps une puissance qui lui est étrangère et qui tend à rapprocher ses molécules. Dans les arts et l'industrie la compression a trouvé d'utiles applications et donné lieu à des machines intéressantes qui sont, dans cet ouvrage, l'objet d'études spéciales. 1° Pour la *compression des solides*. (V. Résistance des matériaux, Presse.) 2° Pour la *compression des liquides*. (V. Compressibilité des liquides.) 3° Nous n'exposerons ici que la *compressibilité des gaz*.

Machine de compression. Appareil destiné à comprimer l'air dans un récipient. Il se compose essentiellement d'un corps de pompe (ou de deux) muni d'un piston et de deux soupapes, comme dans la machine pneumatique, mais s'ouvrant en sens inverse. Ce corps de pompe communique avec le vase ou récipient V dans lequel on veut comprimer l'air. L'appareil étant rempli d'air à la pression atmosphérique, si l'on enfonce le piston, la soupape placée à sa partie inférieure se ferme, l'air placé au-dessous sera comprimé, sa tension fera ouvrir la soupape du corps de pompe et de là passera dans le récipient. Si l'on relève le piston, la soupape du corps de pompe se fermera aussitôt, celle du piston s'ouvrira pour donner passage à l'air dans le corps de pompe. En enfonçant de nouveau le piston, les mêmes effets que précédemment se produiront et ainsi de suite. De sorte que l'air sera de plus en plus comprimé dans le récipient.

Pour calculer la pression Pn dans le récipient après n coups de pistons, représentons par v et V les volumes du corps de pompe et du récipient. Après n coups de piston, on aura introduit un volume nv d'air pris à la pression atmosphérique P. Cet air, joint à celui qui remplissait déjà le récipient sous la même pression, n'occupe plus que le volume V. On aura donc, d'après la loi de Mariotte. — V. Compressibilité des gaz.

$$\frac{Pn}{P}=\frac{V+nv}{V} \text{ d'où } Pn=P\frac{V+nv}{V}.$$

Ce résultat théorique n'est jamais atteint dans la pratique, à cause des fuites qui se produisent la plupart du temps sous les fortes pressions, et aussi à cause de l'*espace nuisible u* qui se trouve toujours entre le dessous du piston et le fond du corps de pompe. Il y a donc une *limite* à la compression ; et cette limite est atteinte lorsque l'air qui remplit le corps de pompe sous la pression atmosphérique étant réduit à ce petit volume u, n'aura que la pression existant dans le récipient. Alors cet air ne pourra plus ouvrir la seconde soupape. On a alors

$$\frac{Pn}{P}=\frac{v}{u} \text{ d'où } Pn=P\frac{v}{u}.$$

On voit par là que plus l'espace nuisible u sera petit et le corps de pompe grand, plus l'air pourra être fortement comprimé, toutes choses égales d'ailleurs.

La machine de compression est ordinairemennt à deux corps de pompe, comme la machine pneumatique et se manœuvre de la même manière, à l'aide d'une manivelle, d'une roue dentée engrenant dans les crémaillères articulées aux pistons. Le récipient est fixé solidement à la platine et l'éprouvette à son support.

Pour exercer de très fortes compressions dans de grands récipients, on se sert de *pompes accouplées*, ayant des pistons non perforés et dont les soupapes sont placées au fond du corps de pompe, l'une donnant entrée à l'air extérieur (elle est quelquefois placée sur le côté) l'autre communiquant avec le récipient.

La petite *pompe à main* de Gay-Lussac, avec ses deux tubes latéraux portant chacun une soupape s'ouvrant en sens contraire, peut servir, soit à comprimer l'air dans un petit récipient, soit à l'y raréfier.

Les *pompes de compression* sont fréquemment employées à la liquéfaction des gaz (V. Liquéfaction) ; on s'en sert aussi pour fouler l'acide carbonique dans les réservoirs contenant l'eau qui doit dissoudre le gaz.

Fontaine de compression. Vase à demi rempli d'eau dans lequel on comprime de l'air qui fait jaillir le liquide à une assez grande hauteur. Ce vase est en métal à parois résistantes. Un tube ouvert aux deux bouts et muni d'un robinet, plonge presque jusqu'au fond du vase et se visse à son goulot. Sur ce tube on visse le corps de pompe à compression dont il a été question plus haut. On foule de l'air dans le récipient ; cet air passe à travers l'eau, vient se loger à la partie supérieure du vase et exerce sur la surface du liquide une pression d'autant plus grande qu'on a comprimé l'air davantage. Après avoir fermé le robinet, on dévisse le corps de pompe et l'on met à sa place un ajutage percé d'un ou plusieurs trous. On ouvre alors le robinet, l'eau comprimée par l'air jaillit d'une manière continue et à une assez grande hauteur, 5 à 6 mètres. Le jet, lentement décroissant, ne cesse que quand l'air intérieur est réduit à la pression de l'air extérieur.

Fusil à vent. Appareil destiné à lancer des projectiles par la force de l'air comprimé. Le réservoir d'air, qui a la forme de la crosse d'un fusil ordinaire, est en fer battu. On y comprime de l'air à la pression de 8 à 10 atmosphères, à l'aide d'une pompe de compression. Le projectile, placé entre le réservoir et le canon en fer, est lancé par l'air comprimé auquel on donne subitement issue en pressant sur la gâchette. Une disposition particulière permet de ne laisser échapper qu'une partie de l'air du réservoir ; de sorte qu'avec la même charge, on peut tirer plusieurs coups ; mais la portée des projectiles consécutifs est de moins en moins forte. Les premiers coups peuvent faire entendre des effets aussi énergiques et même plus que les fusils de munitions. L'air, en sortant, produit un bruit semblable à un coup de fouet et l'on voit ordinairement une assez vive lumière à l'orifice du canon. (Cette lumière est due au dé-

gagement d'électricité produite par le frottement de la bourre et des parcelles solides qui peuvent se trouver dans l'air.)

Le *buquois* ou *canonnière* est une sorte de fusil à vent qui sert de jouet d'enfant : un tube de bois de sureau ou de métal est fermé aux deux bouts par deux tampons en étoupes, en liège, en papier mâché. En poussant rapidement l'un avec une baguette, on comprime l'air intermédiaire qui chasse l'autre avec violence.

La *sarbacanne*, tube en fer blanc au moyen duquel on lance assez loin de petits projectiles (pois, grains de plomb, pierres) en soufflant un coup sec, est une application de l'air comprimé. Ici ce sont les joues et la poitrine qui font l'office de la pompe de compression.

Les *pompes à incendie* ne donnent un jet continu que par la compression permanente de l'air dans un récipient qui surmonte le liquide.

Les *gazomètres* des laboratoires, la *fontaine de Héron* et ses variétés comme la *machine* de Schemnitz, sont des appareils qui fonctionnent par la compression de l'air ou d'un gaz, entre deux masses liquides. — V. Compresseur de l'air. Compression de l'air. — C. D.

COMPRESSION DE L'AIR. L'utilisation de l'air comprimé comme agent moteur est assez récente. Appliqué tout d'abord à l'alimentation des cloches à plongeur, c'est en 1839 qu'un ingénieur français, M. Triger, eut l'idée de s'en servir pour équilibrer la pression des eaux dans une colonne de tôle foncée à travers les sables aquifères ; puis en 1845, le même ingénieur en fit le premier usage pour transmettre la force à distance. Depuis, de nombreuses applications ont été faites de cet agent, et c'est grâce à lui qu'on a pu actionner les machines puissantes à l'aide desquelles a été opéré le perçement du Mont-Cenis et du Saint-Gothard. L'industrie des mines trouve tous les jours de nouvelles ressources dans son emploi, qui tend à se développer de plus en plus. Il est donc intéressant de présenter, bien que d'une manière succincte, les lois qui régissent la compression de l'air et l'étude des phénomènes qui l'accompagnent.

Pour obtenir de l'air comprimé, il faut dépenser un certain travail, qui se compose de deux parties : 1° Le travail nécessaire pour amener l'air de la pression atmosphérique à une pression déterminée ; 2° Le travail dépensé pour expulser l'air du vase dans lequel il a été comprimé.

L'air est un fluide élastique parfait ; quelle que soit la compression qu'il a subie, il reprend son volume primitif, dès que la force qui a produit cette compression disparaît, restituant, pendant ce retour à la pression primitive, tout le travail dépensé pour le comprimer. Il semblerait donc, au premier abord, que cet agent offre les conditions les plus avantageuses d'utilisation du travail, et qu'entre l'effort exercé et l'effort recueilli, il n'y aura aucune différence. Mais il n'en est point ainsi, car, dans ce qui précède, il n'est pas tenu compte des phénomènes remarquables accompagnant les changements survenus dans la masse d'air considérée, phénomènes qui modifient considérablement les résultats.

L'étude des divers phénomènes qui accompagnent les changements d'état physique d'un même corps et que l'on trouvera amplement exposée dans l'article consacré au tome II au mot *chaleur* (V. ce mot), a appris que tout organe qui détruit du travail mécanique engendre de la chaleur, et réciproquement, tout organe qui engendre du travail détruit de la chaleur. Il résulte de là que dans l'opération de la compression de l'air, il y a production de chaleur, échauffement de la masse d'air sur laquelle on opère, par suite dilatation ou augmentation de volume. La tension du gaz augmente donc plus rapidement qu'il ne résulte de la loi de Mariotte, et pour obtenir un certain volume d'air à une tension donnée, la dépense de travail qu'il faut faire est supérieure à celle qui résulterait de la simple application de cette loi. De même, lorsque cet air viendra à se détendre et qu'on cherchera, dans cette opération, à utiliser le travail dépensé, il y aura un refroidissement qui en diminuera le volume et apportera une nouvelle cause de perte dans le rendement. Cette production du froid lors de l'expansion aura encore pour effet de produire la congélation de la vapeur d'eau entraînée avec l'air, ainsi que celle des huiles employées au graissage des appareils où elle s'exécute, causes qui peuvent suspendre la marche de ces appareils. On voit donc qu'il faudra recourir à des artifices pour combattre ce refroidissement, si l'on ne veut pas être très limité dans le degré d'expansion dont on pourra disposer.

En résumé, lorsqu'on comprime une masse d'air, puis qu'on la laisse revenir à sa pression initiale en utilisant l'effort exercé, on voit qu'il y a une portion du travail dépensé lors de la compression qui ne saurait être retrouvée, et qui correspond aux phénomènes calorifiques qui se produisent simultanément. L'étude des phénomènes de la compression de l'air a pour but d'établir quel est le rendement que peut offrir ce nouveau moteur, c'est-à-dire quelle est la portion du travail dépensé lors de la compression qui sera restituée dans l'expansion. On voit que cette étude exige l'application des lois spéciales aux gaz, comme les lois de Mariotte et de Gay-Lussac, ainsi que celle de la théorie mécanique de la chaleur déjà exposées précédemment.

Rappelons rapidement les formules fondamentales sur lesquelles nous nous appuierons, et dont la démonstration a déjà été donnée, afin d'en faire l'application à la question spéciale qui nous occupe. La loi de Mariotte apprend qu'entre la pression et le volume d'une même masse gazeuse on a la relation

$$p\,V = p_0\,V_0$$

D'autre part la loi de Gay-Lussac dit que les volumes sont en raison directe des températures

$$V = V_0(1 + \alpha t)$$

α étant un nombre constant égal à

$$0{,}00366 \text{ ou } \frac{1}{273}$$

D'où cette nouvelle relation

$$pV=p_0V_0(1+\alpha t)$$

qu'on peut écrire, en posant

$$a=\frac{1}{\alpha}=273$$

$$pV=\frac{p_0V_0}{a}(a+t)=R(a+t) \quad (1)$$

R étant une constante spécifique pour chaque gaz, en particulier pour l'air R=29,28. On désigne souvent par *température absolue* τ, le binôme $(a+t)$. C'est comme si l'on comptait les températures à partir du point du thermomètre marqué $-273°$.

L'expression (1) peut se traduire ainsi : pour une masse donnée de gaz, les volumes sont à température égale en raison inverse des pressions, et à pression égale en raison directe des températures.

L'expression (1) nous permet encore de déduire certaines données que nous aurons lieu d'utiliser :

$$\frac{dt}{dp}=\frac{V}{R},\ \frac{dt}{dv}=\frac{p}{R},\ \frac{d^2t}{dv,dp}=\frac{1}{R}$$

D'autre part, en se reportant à l'étude déjà faite ici sur la théorie mécanique de la chaleur, on sait que, quand on considère la dépense de calorique nécessaire pour modifier l'état physique d'un corps, en désignant par Q cette quantité de calorique, par U la chaleur interne, par p et v la pression et le volume et par E l'équivalent mécanique de la chaleur, on a la relation

$$dQ=dU+\frac{1}{E}\int pdv.$$

$$\text{ou } dQ=\left(\frac{dU}{dp}\right)dp+\left(\frac{dU}{dv}+\frac{1}{E}p\right)dv \quad (2)$$

et qu'en introduisant les notions de la chaleur spécifique sous pression constante c, et à volume constant c', cette relation peut être exprimée ainsi :

$$dQ=c'\left(\frac{dt}{dp}\right)dp+c\left(\frac{dt}{dv}\right)dv \quad (3)$$

que

$$c'=0{,}2377 \quad c'=0{,}1697$$

d'où l'on tire

$$\frac{c}{c'}=\gamma=1{,}40$$

qu'entre c' et c existe la relation

$$c'=c-\frac{1}{E}R$$

A l'aide des équations (2) et (3), des valeurs des dérivées tirées de (1) et de la valeur de c en fonction de c' on arrive à la relation

$$U-U_0=c'\tau$$

qui apprend : que la chaleur interne croît proportionnellement à la température du corps, et que cet accroissement est toujours le même pour une même variation de la température de ce corps, quelques variations qu'ait subies dans ce passage sa force élastique, si le volume du gaz n'a pas changé.

Si l'on se propose de trouver le travail développé par un gaz qui se détend à température constante, il faut d'abord dans l'équation (3) remplacer les dérivées par leurs valeurs tirées de (1), ce qui donne :

$$dQ=\frac{c'V\,dp+cpdv}{R}$$

exprimer la condition pv=constante, d'où :

$$pdv+V\,dp=o \text{ ou } V\,dp=-pdv$$

ce qui permet d'écrire :

$$dQ=\frac{(c-c')pdv}{R}=\frac{1}{E}pdv=\frac{1}{E}R(a+t)\frac{dv}{V}$$

et en intégrant l'on a

$$Q=\frac{1}{E}R(a+t)\log.nep\frac{V}{V_0}=\frac{1}{E}p_0V_0\log.nep\frac{V}{V_0}$$

et le travail cherché T étant égal à EQ

$$T=p_0V_0\log.nep\frac{V}{V_0} \quad (4)$$

Si l'on se propose le même problème en admettant que la détente se produise sans addition ni perte de chaleur, c'est-à-dire dans une enveloppe imperméable, on posera $dQ=o$, ce qui donne la relation

$$c'V\frac{dp}{p}+cpdv=o \text{ ou } \frac{dp}{p}+\gamma\frac{dv}{V}=o$$

d'où en intégrant :

$$\log.nep\frac{p}{p_0}=\log.nep\frac{V_0^{\gamma}}{V^{\gamma}}$$

c'est-à-dire la relation

$$pV^{\gamma}=p_0V^{\gamma} \quad (5)$$

Nouvelle expression que prend la loi de Mariotte, en supposant que l'enveloppe où se fait la variation de volume par suite de la variation de pression est imperméable à la chaleur. Il est facile de passer de cette relation à l'évaluation du travail développé. Ce travail a pour expression

$$\int_{v_0}^{v}pdv$$

qu'on peut écrire :

$$\int_{v_0}^{v}pV_0^{\gamma}\frac{dv}{V^{\gamma}}$$

$$\text{et } T=\frac{p_0V_0}{\gamma-1}\left[1-\left(\frac{V_0}{V}\right)^{\gamma-1}\right] \quad (6)$$

T peut également être évalué en fonction de p

$$T=\frac{R(a+t_0)}{\gamma-1}\left[1-\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right] \quad (7)$$

Des formules précédentes on peut déduire la relation très importante, à l'aide de laquelle on obtiendra les variations de température qui se produisent dans un gaz qui se détend ou se comprime dans une enveloppe imperméable à la chaleur. Reportons-nous à l'équation (6), le travail mécanique produit ne peut exister qu'aux dépens de la chaleur interne du gaz ; puisqu'il n'y en a pas eu de fournie du dehors, donc on a la relation :

$$c'(\tau_0-\tau)=\frac{1}{E}\frac{p_0V_0}{\gamma-1}\left[1-\left(\frac{V_0}{V}\right)^{\gamma-1}\right]$$

mais

$$p_0 V_0 = R(a+t_0) \quad a+t_0=\tau_0 \text{ et } \frac{1}{E}R = c-c'$$

d'où

$$t_0 - t = \tau_0\left[1-\left(\frac{V_0}{V}\right)^{\gamma-1}\right]$$

expression qui peut se mettre sous une forme plus simple

$$\frac{\tau}{\tau_0}=\left(\frac{V_0}{V}\right)^{\gamma-1}=\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad (8)$$

qui donnera la température finale d'une masse de gaz dont le volume ou la pression ont subi des variations connues, température qui, comparée à la température initiale, permet d'évaluer les quantités de chaleur ou de travail nécessaires à la production de ces variations d'état.

Avant de passer à l'examen de ce qui se produit dans la compression de l'air, nous devons encore tirer des relations précédentes une nouvelle formule qui nous sera utile. Dans la relation (1)

$$pv = R(a+t)$$

on peut chercher à introduire au lieu du volume les densités, ce qui permet d'employer non pas le volume primitif, mais le poids de la masse d'air sur laquelle on opère. Si on désigne par ρ la densité du gaz à la pression p, à la température t, dont V est le volume et π la masse, tous ces mêmes éléments étant ramenés à leur valeur correspondante pour $t=0°$, la relation (1) se transforme en celle-ci:

$$pV = \frac{p_0}{\rho_0}\frac{(a+t)}{a}\pi$$

$$\text{ou } \frac{pV}{\tau} = \frac{p_0}{\rho_0 a}\pi = 29{,}28\,\pi. \quad (9)$$

En résumé, les relations (7), (8) et (9) permettent de suivre les variations relatives de la pression, du volume et de la température absolue d'une même masse d'air.

Or, si l'on admet que la compression de l'air s'exécute dans des appareils imperméables, sans que cet air ne reçoive ni ne perde de chaleur, en vertu des principes de la théorie mécanique de la chaleur, le travail nécessaire à développer pour exécuter cette compression à un degré déterminé sera donné par la différence de chaleur que l'air présentera dans l'appareil avant et après sa compression.

D'une façon générale, si l'on emprunte un poids d'air π à l'atmosphère où la pression est p_0, pour le refouler dans un réservoir où la pression est maintenue à p, le travail moteur à dépenser sera égal à celui nécessaire pour faire passer cette masse π de l'état p_0, V_0, τ_0, qui définit cet état, à celui $p_1 V_1 \tau_1$ ce qui constitue la compression, moins le travail moteur exercé par le réservoir initial, plus celui nécessaire pour refouler l'air comprimé dans le réservoir.

Or, le travail de la compression correspond à la différence des quantités de chaleur que possède l'air à sa sortie de l'atmosphère et à son entrée dans le réservoir, donc on peut écrire :

$$Tm = E\pi c'(\tau_1-\tau_0) - p_0 V_0 + p_1 V_1$$

Nous pouvons remplacer $p_0 V_0$, et $p_1 V_1$ par leur valeur $E\pi(c-c')\tau_0$, $E\pi(c'-c')\tau_1$ de sorte que l'expression de T devient :

$$T = E\pi c(\tau_1-\tau_0) = 102{,}6864\,\pi(\tau_1-\tau_0)$$

exprimé en fonction des états thermiques de la masse d'air π au commencement et à la fin. On peut encore écrire cette même valeur de la façon suivante:

$$T = 102{,}6864\,\pi\tau_0\left(\frac{\tau_1}{\tau_0}-1\right)$$

et comme nous connaissons les relations qui existent entre le rapport des températures, des pressions et des volumes, relations (8), on pourra exprimer T en fonction de la pression initiale et finale, ou des volumes au commencement et à la fin de la compression.

On voit que ce travail dépend de la température finale de l'air, température que l'on peut calculer à l'aide des mêmes formules (8). Tous ces éléments ont d'ailleurs été publiés dans des travaux spéciaux sur cette question par M. Mallart et M. Pernollet, et réunis dans des tableaux desquels nous extraierons quelques chiffres, afin de mettre mieux en évidence les phénomènes qui nous occupent.

Ainsi voici quelle est la température en degrés centigrades d'une masse d'air prise à la pression atmosphérique, à une température de 20° centigrades, et comprimée aux pressions successives de:

	Degrés
2 atmosphères.	85.2
3 —	129.9
4 —	164.4
5 —	194.4
6 —	219.6
7 —	242.1

Etant donné que cette chaleur se dissipe très rapidement, et que lorsqu'on utilise l'air comprimé, il est à peu près revenu à la température ambiante, on voit qu'au point de vue pratique il y aura intérêt à ne pas employer des pressions trop élevées, et que le terme de 4 atmosphères ne devrait pas être dépassé.

Si l'on veut évaluer le travail restitué par cette même masse d'air comprimé, lorsqu'on produira son expansion dans une machine quelconque, on pourra appliquer les mêmes formules, seulement il faudra tenir compte de ce que la température initiale au moment de l'expansion, et que nous désignerons par θ_0, n'est plus la même que τ_1, attendu, comme nous l'avons dit, que cet air est revenu rapidement à la température ambiante et que son transport dans les conduits de distribution, a donné lieu, par suite des frottements, à une nouvelle perte de charge, qu'on peut également convertir en perte de chaleur. La température initiale étant exprimée par θ_0, la température finale θ_1, le travail produit pendant l'extension sera exprimé par

$$Tu = E\pi c(\theta_0-\theta_1)$$

Si φ_0 et φ_1 sont les pressions correspondantes aux états θ_0 et θ_1, on peut encore exprimer Tu en

fonction de φ_0 et φ_1, et le rapport du travail dépensé au travail restitué peut être mis sous la forme :

$$\frac{Tu}{Tm}=\frac{E\pi c[\theta_0-\theta_1]}{E\pi c(\tau_1-\tau_0)}=\frac{\theta_1\left[\frac{\theta_0}{\theta_1}-1\right]}{\tau_0\left[\frac{\tau_1}{\tau_0}-1\right]}=\frac{\theta_1}{\tau_0}\frac{\left(\frac{\varphi_0}{\varphi_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}-1}{\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}-1}$$

Généralement $\frac{\varphi_0}{\varphi_1}$ et $\frac{p_1}{p_0}$ sont très peu différents, on peut donc admettre que le rapport précédent qui constitue le rendement dans les machines à air comprimé, est sensiblement égal à

$$\frac{Tu}{Tm}=\frac{\theta_1}{\tau_0}=\frac{\theta_0}{\tau_1}$$

Cette dernière formule permet d'évaluer la perte entre le travail recueilli et le travail dépensé, $Tm-Tu$. Cette perte est proportionnelle à $\tau_1-\theta_0$, c'est-à-dire à la perte de chaleur que l'air éprouve en passant du compresseur à la machine où se produit l'expansion. Au point de vue pratique, il faut considérer θ_0 comme égal à la température ambiante, il y a donc tout intérêt à ce que τ_1 ne s'en écarte que le moins possible, c'est-à-dire que la compression ne soit pas trop élevée.

En prenant toujours comme valeur de la température ambiante 20°, M. Mallard a calculé les valeurs de τ_1 pour des compressions de 2, 3...8 atmosphères, et en a déduit le rendement ou rapport $\frac{Tu}{Tm}$. Il a montré ainsi que dès que l'air est employé au delà de 4 atmosphères, le rendement reste à peu près le même, et que jusque là on peut adopter la valeur $Tu=0{,}70\,Tm$. Mais, d'autre part, comme le moteur qui sert à comprimer l'air, présente lui-même entre son effet utile et le travail réellement consommé, à peu près le même écart, on peut dire d'une façon générale que le rapport du travail effectivement développé par la machine à air au travail dépensé par le moteur n'est que la moitié environ du travail théorique.

M. Trasenter a publié un travail, où cette question du rendement des machines à air comprimé est présentée sous une forme originale et saisissante.

Le travail restitué arrive rapidement à une limite qu'on ne peut dépasser, quelle que soit la tension de l'air ou travail développé. Le maximum du travail restitué, en supposant la compression de l'air indéfinie, sans tenir compte de l'élévation de température résultant, a pour limite le travail que donnerait le volume d'air engendré par le piston du cylindre soufflant avec une pression effective de 1 atmosphère.

Soit p la pression atmosphérique, P celle de l'air comprimé, V et v les volumes correspondants, on peut poser

$$P=np,\quad V=nv$$

Le travail théorique que cet air peut restituer est :

$$Tv=(P-p)v=Pp-pv=p(V-v)=pV\left(1-\frac{1}{n}\right)$$

Ainsi 1 mètre cube d'air comprimé à quelque pression que ce soit donne toujours un travail restitué inférieur à $p\times 1$ ou 10,333 kilogrammètres, car pour qu'il fut égal à ce nombre, il faudrait que $\frac{1}{n}=o$, ou n infini.

Si ce mètre cube d'air est comprimé à 2 atmosphères, il restituera un travail $T=10333\left(1-\frac{1}{2}\right)$ ou à la moitié de cette limite. Si la compression est de 4 atmosphères le travail restitué sera des $\frac{3}{4}$, et au delà de cette valeur de 4 atmosphères, on ne peut gagner que $\frac{1}{4}$ au plus. Mais, d'autre part, le travail dépensé pour obtenir cette compression est exprimé ainsi :

$$Td=pV\log.nep\,n$$

et croît comme les valeurs de n, de telle sorte que si on cherche le rendement dans ce système de machines on a

$$\frac{Tv}{Td}=\frac{pV\left(1-\frac{1}{n}\right)}{pV\log.nep\,n}=\frac{1-\frac{1}{n}}{2{,}303\log.n}$$

En écrivant n^x au lieu de n, cette expression prend la forme

$$\frac{1-\frac{1}{n^x}}{2{,}303x\log.n}$$

et en donnant à x des valeurs croissantes, depuis 1 jusqu'à 6, et à n la valeur 2, on trouve pour le rendement les valeurs à :

2 atmosphères . . .	0.72	16 atmosphères. . .	0.34
4 — . . .	0.54	32 — . . .	0.28
8 — . . .	0.42	64 — . . .	0.23

La dernière formule permet de construire la représentation graphique du phénomène, que

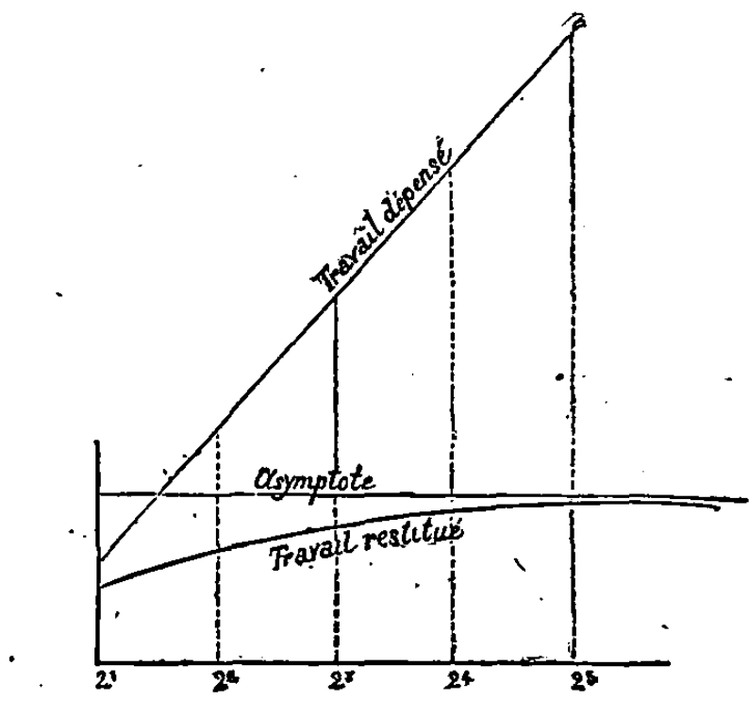


Fig. 413

montre la figure 413. L'on voit que le travail dépensé est figuré par une droite, et le travail restitué par une courbe à asymptote. On peut donc encore déduire de là cette conclusion déjà énoncée qu'il n'y a pas lieu à pousser la compression au delà de 3 à 4 atmosphères.

En examinant le travail qui pouvait être recueilli par l'emploi de l'air comprimé dans les machines, nous avons dit que l'on pouvait admettre que le rapport $\frac{\varphi_1}{\varphi_0}$ fut sensiblement égal à $\frac{p_0}{p_1}$, c'est-à-dire que l'air se détendait dans la machine jusqu'à ce que sa pression fut ramenée à celle de l'air atmosphérique, c'est là une détente complète. Il est intéressant de se rendre compte de ce qui arrive dans le cas où cette détente est nulle, c'est-à-dire où l'air agit à pleine pression pendant toute la course, et encore dans l'autre cas où cette détente est incomplète, c'est-à-dire qu'à la fin de la course l'air sera à une pression inférieure à celle de son entrée et supérieure à la pression atmosphérique.

Sans entrer de nouveau dans le détail des calculs, qui s'exécutent en appliquant les mêmes formules, nous reproduirons un tableau dressé par M. Mallart, où il met en évidence les rendements comparés à pleine détente et à pleine pression, en partant toujours de la température initiale de 20° centigrades:

$\frac{\varphi_0}{\varphi_1}$	Pleine détente		Pleine pression		Rapport du rendement théorique à pleine détente et à pleine pression
	Température finale de l'air en degrés centig.	Rendement théorique	Température finale de l'air en degrés centig.	Rendement théorique	
2	— 33.4	0.82	— 22.4	0.855	0.95
3	— 60.0	0.72	— 36.9	0.806	0.90
4	— 77.0	0.67	— 43.2	0.782	0.86
5	— 89.0	0.63	— 48.0	0.768	0.82
6	— 78.0	0.60	— 51.0	0.758	0.79
7	—106.0	0.57	— 53.0	0.751	0.74

La suppression de la détente diminue le refroidissement au moment de l'échappement; toutefois la température est encore assez basse pour que la congélation de la vapeur d'eau contenue dans l'air se produise. Par contre, l'emploi de l'air à pleine pression, montre que le rendement diminue rapidement à mesure que la pression augmente, ce qui montre encore une fois que les pressions élevées sont toujours à éviter.

L'examen de l'emploi de la détente partielle montre que le travail retiré d'un kilogramme d'air à une pression donnée peut se rapprocher beaucoup du maximum, même en rejetant l'air dans l'atmosphère à une pression considérable, et que l'on peut rester fort loin de la détente complète sans perdre une quantité de travail importante. Dans presque tous les cas, on peut, sans que la perte de travail utile excède 1/10, employer l'air à demi-détente, ce qui est le procédé généralement adopté dans la pratique.

Afin de combattre les inconvénients de l'échauffement pendant la compression, l'air est mis généralement dans la pratique en présence d'un excès d'eau, cet air est donc saturé, il est intéressant de savoir quelle influence peut avoir sur le travail recueilli, la présence de cette vapeur d'eau. En appliquant les mêmes méthodes de calcul à l'air dans ce nouvel état, c'est-à-dire considéré comme un mélange d'eau de vapeur et d'eau, dont toutes les parties sont à la même température, l'air restant toujours saturé, M. Mallart a montré que la présence de la vapeur d'eau a pour effet d'augmenter un peu le travail recueilli. Toutefois, cette influence n'est véritablement sensible que pour des pressions de 4 à 5 atmosphères, et pour des températures initiales supérieures à 30°, c'est-à-dire pour des cas qui sont en dehors de ceux que la pratique présente ordinairement. Au point de vue de la température finale de l'air, la présence de la vapeur d'eau a une importance considérable parce qu'elle élève notablement cette température. Ainsi M. Mallart a établi par le calcul que, si l'on partait de la température initiale de 50°, on pourrait marcher avec de l'air saturé à la pression de 3 atmosphères, sans voir la température finale descendre au-dessous de 0°, et l'on éviterait ainsi tous les inconvénients dus à la congélation, qui se produisent avec l'air sec, dès qu'on dépasse la pression de $1^{atm},78$. Le rôle de la vapeur d'eau saturant l'air, n'est pas moins important pendant la compression; il diminue un peu le travail à dépenser, et surtout, il réduit considérablement l'élévation de température produite. Celle-ci ne dépasse pas 90°, même à la pression de $7^{atm},50$, alors qu'à cette pression et pour l'air sec la température s'élève à 251°,47. —R.

* **COMPRIMEUR.** *T. de mécan.* Appareil employé dans quelques moulins pour préparer le grain à subir l'action des meules. Le comprimeur brise les petites pierres et les mottes qui ont pu passer au criblage. Il se compose de deux cylindres à surface lisse, dont les axes sont situés dans un même plan horizontal.

Le grain est distribué sur toute la longueur des cylindres au moyen d'une trémie à registre et d'un cylindre cannelé. Les cylindres doivent être suffisamment éloignés pour ne pas aplatir le grain, mais le briser en petits fragments qui subissent parfaitement l'action des meules.

* **COMPTE-FILS.** *T. techn.* Loupe spéciale qui sert à apprécier le degré de finesse d'un tissu, d'une étoffe, en permettant de compter les fils de chaîne ou de trame sur un petite espace déterminé. || Plaque en métal dont les bords sont découpés en crans de différentes largeurs.

* **COMPTE-GOUTTES.** *T. techn.* Instrument employé en pharmacie pour compter les gouttes des médicaments actifs, et en chimie pour remplacer les burettes graduées.

Un compte-gouttes pour être exact doit se terminer par un tube de verre dont la section a 3 millimètres de diamètre; vingt gouttes d'eau distillée s'écoulant par cet orifice pèsent ainsi rigoureusement 1 gramme. C'est une prescription du Codex, de laquelle il résulte qu'une goutte d'eau représente un vingtième de centimètre cube.

Le compte-gouttes ainsi constitué peut donc remplacer les burettes graduées dans les laboratoires.

COMPTE-PAS. *T. de mécan.* Instrument servant à compter les pas que fait celui qui le porte, et qui détermine approximativement la longueur du chemin parcouru. Le compte-pas, qu'on nomme aussi *podomètre* et *odomètre*, a la forme d'une montre, le cadran est divisé en 100 parties, désignant chacune un double pas ; deux roues et un pignon font mouvoir une aiguille qui marque les unités et les centaines.

COMPTEUR. *T. techn.* Appareil destiné à compter et à enregistrer certains effets mécaniques, tels que la rotation d'un axe, les courses alternatives de va-et-vient d'une tige, les tours d'un arbre moteur ou tous autres mouvements dont il faut enregistrer le nombre correspondant à un temps déterminé. Les dispositions employées pour la transmission et l'enregistrement de ces mouvements varient suivant les applications auxquelles le compteur est destiné. En général, le mécanisme moteur consiste dans une roue dentée ou dans une roue à rochet qui commande une série d'engrenages actionnant les axes des aiguilles mobiles sur des cadrans dont la lecture permet de totaliser par unités, dizaines, centaines, mille, etc., le nombre de tours ou de mouvements alternatifs qu'il s'agit de compter.

Parmi les divers appareils reposant sur ce principe nous allons étudier successivement les *compteurs à eau*, les *compteurs à gaz*, les *compteurs de tours*, les *compteurs-contrôleurs* pour voitures, pour *entrées publiques*, aux musées, aux expositions, etc.

COMPTEUR A EAU. La distribution et la vente de l'eau à domicile, dans les villes, est une question complexe, pour la solution de laquelle il faut des moyens qui sauvegardent à la fois les intérêts des administrations locales et des abonnés, c'est-à-dire du vendeur et de l'acheteur. Pour les marchandises ordinaires, la balance ou le mètre, le poids ou la mesure de capacité, fournissent un contrôle exact des quantités vendues. Mais pour l'eau distribuée par une canalisation souterraine, livrée à la volonté et suivant les besoins du consommateur, il est évidemment nécessaire de posséder un moyen de vérifier équitablement les quantités fournies, de façon à sauvegarder et satisfaire les intérêts réciproques des deux parties. Or, il existe trois modes d'abonnement ou concession de l'eau :

1° *L'abonnement à robinet libre*, qui n'a pour base que des évaluations approximatives, en raison du nombre de personnes habitant la maison, du nombre de chevaux, voitures, bestiaux ; en raison aussi de la surface des cours à nettoyer, des jardins à arroser. Evidemment ce mode de concession laisse le champ libre aux abus et ne permet pas, de part ni d'autre, un contrôle efficace.

2° *L'abonnement avec robinet de jauge*, moyen qui est fréquemment adopté à cause de sa simplicité, mais qui n'est favorable ni aux compagnies ni aux abonnés. La jauge est une mesure inconstante et variable suivant la vitesse ou la pression avec laquelle se produit l'écoulement ; le réglage exact est fort difficile, et la compagnie risque d'être lésée. Ce moyen est plus désavantageux encore pour l'abonné parce que, s'il court la chance d'avoir tantôt plus et tantôt moins d'eau qu'il doit en recevoir, ce qui pourrait à la rigueur établir une compensation réciproque, il reste toujours soumis à l'inconvénient de ne pouvoir prendre l'eau qu'au fur et à mesure de l'écoulement par la jauge, qui ne fournit qu'un très mince filet coulant jour et nuit sans interruption, de sorte que cette condition entraîne nécessairement l'installation de réservoirs où s'accumule lentement la quantité d'eau fournie par le robinet de jauge.

3° *L'abonnement au compteur*, troisième mode de délivrance des eaux, qui ne laisse aucune place aux abus et qui est, à notre avis, le seul mode équitable, le seul admissible.

En effet, si nous concevons un instrument qui mesure exactement l'eau dépensée et qui enregistre ce mesurage avec une rigoureuse précision, le vendeur et l'acheteur auront dès lors une estimation certaine des quantités fournies ; le premier sera assuré d'une rémunération proportionnée à la valeur réelle de la marchandise livrée ; le second n'aura plus à craindre de payer plus d'eau qu'il n'en a dépensé ; tous les deux auront la légalité pour règle, la vérité pour garant. Les compagnies commencent à comprendre qu'il est de leur intérêt d'adopter l'usage des compteurs ; mais les imperfections des premiers appareils avaient fait pendant longtemps hésiter à les employer, et, disons-le de suite, le prix élevé des meilleurs compteurs a été et est encore aujourd'hui le principal obstacle à leur application générale. Ce qu'il importe réellement de trouver, ce n'est plus un appareil précis de mesurage, car il en existe, c'est l'appareil à bon marché, qui permettrait aux compagnies d'imposer exclusivement la vente au compteur pour l'eau, comme on le fait depuis longtemps pour le gaz.

Les divers systèmes de compteurs à eau imaginés jusqu'à ce jour peuvent se classer en trois catégories établies d'après leur mode de fonctionnement :

1° Les *compteurs à mouvement rotatif*, dont l'organe essentiel est une sorte de petite turbine ou d'hélice que l'écoulement de l'eau met en mouvement. Son axe commande directement le mécanisme des cadrans enregistreurs. Ces appareils ont plusieurs défauts inhérents à leur principe même. Les variations de pression ou de vitesse de l'écoulement influent sur l'exactitude du mesurage, et lorsqu'on fait arriver seulement un très mince filet d'eau dans l'appareil, il peut arriver qu'elle le traverse sans animer d'une vitesse suffisante l'organe mesureur, de sorte qu'elle est mesurée inexactement ou même qu'elle ne l'est plus du tout. C'est une des principales imperfections de ce genre de compteurs.

2° Les *compteurs à compartiments extensibles*, formés de diaphragmes avec des membranes souples qui constituent une sorte de soufflet, se gonflant quand le compartiment s'emplit, et se dégonflant quand il se vide. Les mouvements alternatifs qui en résultent sont transmis par un encliquetage ou mécanisme moteur du cadran enregistreur. Ce genre d'appareils nécessite l'emploi de membranes

en cuir ou en caoutchouc, dont la souplesse peut s'altérer par l'usage, et dont la durée est subordonnée aux causes d'usure qui les détériorent plus ou moins rapidement.

3° Les *compteurs à piston mobile dans un cylindre*, ce piston étant animé d'un mouvement alternatif de va-et-vient comme celui d'une machine à vapeur. L'eau s'introduit successivement en avant et en arrière du piston, par un jeu de tiroirs ou de soupapes qui ouvrent ou ferment alternativement les orifices d'entrée et de sortie.

Ce principe permet évidemment de réaliser un mesurage absolument exact : le volume de la cylindrée est déterminé par la course du piston et par le diamètre du corps cylindrique dans lequel il se meut; ces deux quantités peuvent être invariables, et chaque coup de piston peut engendrer par conséquent exactement le même volume. Il suffit de compter le nombre de coups de piston, en les traduisant en mesures volumétriques correspondantes au débit effectué, et l'on aura ainsi le moyen de déterminer avec précision les quantités d'eau qui passeront dans le compteur. C'est dans ce principe qu'est la véritable solution, et nous verrons tout à l'heure qu'il existe des appareils qui la réalisent complètement.

Compteur à mouvement rotatif. L'un des premiers appareils qui a effectué le mesurage de l'eau dans des conditions d'approximation suffisantes pour que son application puisse être adoptée en pratique est le compteur Siemens. La simplicité de ses organes, ses petites dimensions, sa commodité d'installation, ont contribué largement à sa propagation. Il se compose d'une petite turbine tournant horizontalement dans une enveloppe cylindrique; l'eau amenée dans un espace ménagé au-dessus de la couronne de cette turbine s'écoule par les aubes en lui imprimant un mouvement de rotation dont la vitesse est proportionnelle à celle de l'échappement de l'eau et à la pression sous laquelle il se produit.

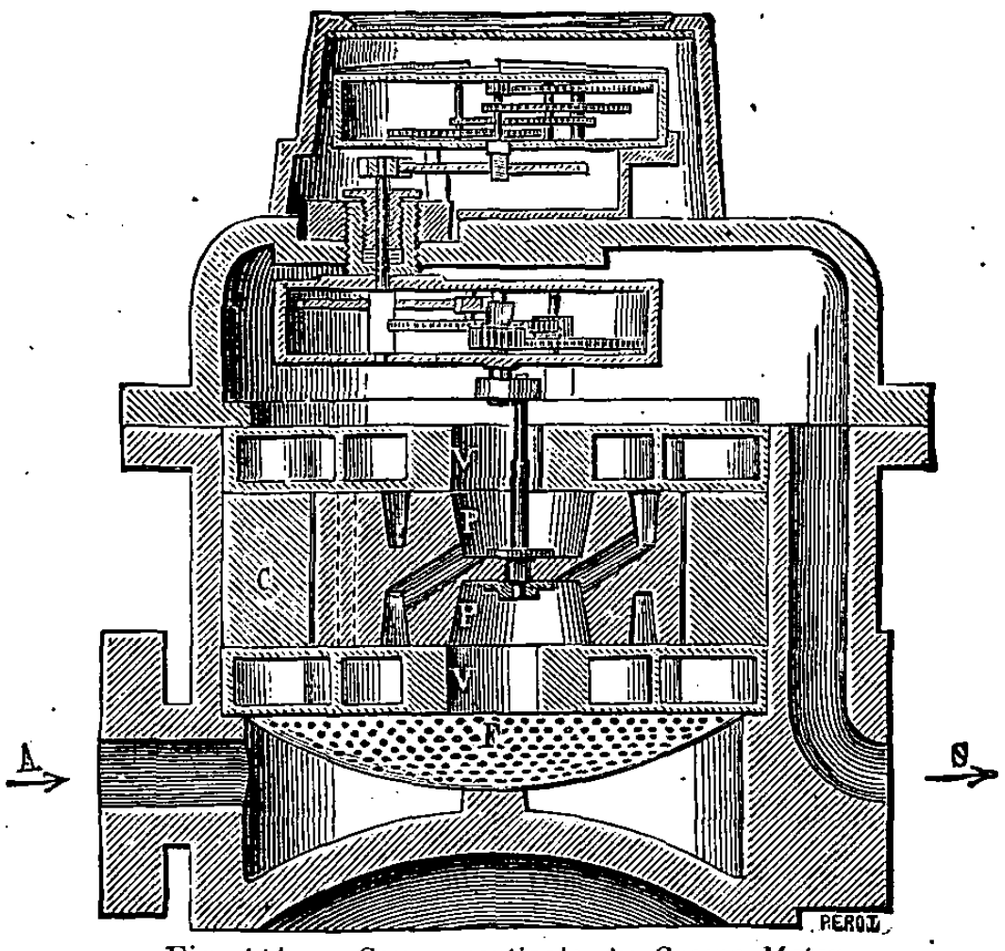


Fig. 414. — *Coupe verticale du Crown-Meter.*

L'axe vertical de la turbine traverse le plateau supérieur de la chambre d'eau, au moyen d'un presse-étoupes qui détermine une fermeture suffisante sans gêner le mouvement. Cet arbre porte à son extrémité l'engrenage qui met en marche le mécanisme du cadran disposé sur la face supérieure de l'enveloppe cylindrique. On conçoit que les aubes de la turbine se remplissant successivement, chaque tour de la couronne mobile correspond à un certain volume débité, et si ce volume était identiquement le même, quelle que soit la vitesse de rotation, il suffirait de compter le nombre de tours pour avoir exactement le volume correspondant débité durant un laps de temps déterminé, mais il n'en est pas tout à fait ainsi, et la vitesse d'écoulement a sur la précision du mesurage une influence préjudiciable. Nous avons constaté plusieurs fois qu'on pouvait obtenir un écoulement sans que le cadran accusât aucune dépense d'eau, de même que la trop grande pression peut imprimer une vitesse hors de proportion et faire enregistrer plus que le débit.

Nous n'entrerons pas dans la description des diverses modifications qu'on a essayé de faire subir au système de compteurs rotatifs. Nous allons seulement parler d'un type qui se distingue des précédents par son organe mesureur. Cet appareil qui porte le nom de *Crown-Meter*, a été imaginé en Amérique. Il est depuis peu de temps importé en France et construit par MM. Michel et fils auxquels on doit déjà un système de compteurs à piston dont nous aurons à parler plus loin. Le *Crown-Meter* tire son nom de son organe essentiel qui est une sorte de couronne dentée, dans laquelle se meut un pignon d'égale denture s'engrenant à l'intérieur de cette couronne. La figure 414 représente la coupe verticale de ce compteur : les figures 415 et 416 montrent la couronne et le pignon denté, sorte de piston rotatif, se mouvant à l'intérieur de la pièce précédente. Enfin la figure 417 montre en plan l'un des deux disques V formant valves d'entrée et de sortie de l'eau. La figure 414 (coupe verticale) va nous permettre de faire comprendre le fonctionnement de l'appareil.

L'eau entre par la tubulure d'arrivée A dans le fond de l'enveloppe, traverse le filtre F qui arrête les plus grosses impuretés et pénètre dans le cylindre par sa base inférieure. Le cylindre est composé de trois pièces, qui sont : la couronne C, dentée intérieurement, formant l'organe mesureur, et les deux valves V, pourvues de canaux en spirale, qui forment les deux bases.

L'eau, pénétrant dans le cylindre par la base inférieure, entraîne le piston P, roulant à l'intérieur de la couronne.

Ce pignon, exactement ajusté entre les deux valves, porte sur ses deux faces, des rainures formant deux tiroirs inverses qui s'équilibrent et dont le jeu, combiné avec les canaux des valves, produit le mouvement de roulement du piston à l'intérieur de la couronne par l'effet de la pression de l'eau. Le courant liquide, après avoir ainsi traversé le cylindre, se répand par l'orifice central de la valve supérieure dans le couvercle, d'où elle est ramenée par une tubulure latérale jusqu'à l'orifice de sortie S. L'axe vertical du piston porte

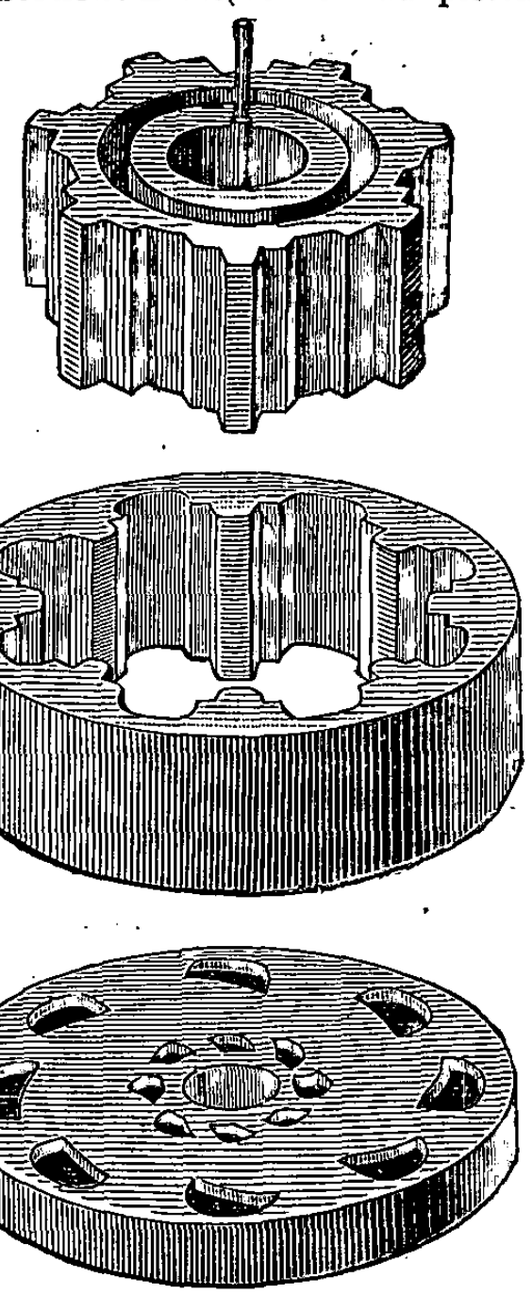


Fig. 415 à 417. — *Détails du Crown-Meter; pignon couronne et disque formant valve de distribution.*

un tourillon central qui décrit un cercle et entraîne le mouvement d'horlogerie; et comme l'eau, ne rencontrant à aucun moment de passage direct entre le dessous et le dessus du cylindre, ne peut traverser cette région sans déplacer le piston, le volume écoulé se trouve exactement enregistré.

Cet appareil est assurément d'une grande simplicité; il fonctionne sous de faibles pressions et peut compter les moindres débits. La seule cause d'altération qu'on peut craindre serait dans le frottement et l'usure que produiraient entre la couronne C, le piston P et les deux valves V, des eaux impures, contenant des matières dures extrêmement tenues.

Compteur à compartiments extensibles. L'un des types les plus connus de ce système de compteurs est celui qui a été imaginé par M. Oury. Cet appareil se compose d'une sorte de poche en fonte divisée en deux chambres, l'une supérieure, l'autre inférieure, par une membrane souple qui se soulève ou s'abaisse successivement suivant que l'un ou l'autre des deux compartiments se vide ou s'emplit. L'eau entre dans l'appareil au moyen de deux soupapes qui s'ouvrent alternativement, elle pénètre sous la membrane flexible et la force à monter. Pendant ce temps, la soupape de sortie correspondant au compartiment supérieur s'est ouverte et a livré passage à l'eau qu'il contient; quand il est vidé, l'autre est rempli, et alors les soupapes se trouvent amenées dans la position inverse, admettant l'eau dans le compartiment supérieur qui va se remplir, pendant que la membrane s'abaissant refoule l'eau de la chambre inférieure dont la soupape de sortie s'est ouverte en temps utile pour laisser l'écoulement se produire.

Ce mouvement alternatif se reproduit continuellement, et le courant s'établit sans interruption. La membrane mobile porte un plateau auquel est articulé un levier qui fait agir un ressort transmettant alternativement à droite et à gauche le mouvement aux soupapes d'entrée et de sortie, en même temps qu'au mécanisme du cadran enregistreur. Cet appareil se recommanderait par sa simplicité et son bon marché, s'il n'y avait à craindre l'altération de la membrane, et le dérangement des soupapes. Il a, comme les autres appareils du même genre que plusieurs constructeurs ont essayé de mettre en pratique, des imperfections inhérentes à son principe même, ce qui explique pourquoi l'emploi de ce genre de compteurs ne s'est pas généralisé.

Compteur à cylindre et piston. Nous avons expliqué déjà la raison qui donne à ce troisième genre de compteurs à eau la précision du mesurage que n'ont pas les autres. La capacité engendrée par la course du piston permet de jauger très exactement le volume débité. Mais parmi les divers systèmes proposés pour résoudre cette question au point de vue pratique, la combinaison et le fonctionnement des organes établissent des différences notables que nous allons essayer de faire apprécier en décrivant succinctement les principaux types de ce genre d'appareils. Nous devons d'abord faire remarquer que la solution du compteur à pistons existe déjà depuis longtemps en France, et nous croyons devoir rappeler à ce sujet les efforts tentés par un modeste et pauvre inventeur qui avait créé un appareil qu'on n'a guère surpassé depuis lors.

Cet inventeur, Roberton-Brisson, avait imaginé, il y a déjà environ vingt ans, un compteur composé de *deux cylindres horizontaux accouplés*, dans lesquels se meuvent des pistons en cuir embouti, communiquant directement par leur tige un mouvement de va-et-vient à deux tiroirs qui ouvrent ou ferment les orifices d'entrée et de sortie de l'eau. L'un des orifices d'entrée se trouvant découvert, l'eau va mettre en marche l'un des deux pistons; et quand celui-ci arrive à peu près à la fin de sa course, le tiroir qu'il commande commence à découvrir le second orifice d'entrée qui introduit l'eau sur l'autre piston, de

façon que ce second piston a déjà commencé à se mouvoir lorsque le premier achève sa course : par conséquent, point d'interruption dans le jeu du compteur, point d'intermittence dans l'écoulement de l'eau. Par une ingénieuse idée de l'inventeur, les conduits qui distribuent l'eau en avant et en arrière de chaque piston sont pratiqués dans l'épaisseur du socle qui sert de support à l'instrument. Ils sont combinés de telle sorte qne le tiroir fixé à la tige du piston de droite distribue l'eau au piston de gauche, et celui du piston de gauche la distribue réciproquement au piston de droite.

Le mouvement de va-et-vient des tiroirs met en marche, par un encliquetage, le mécanisme enregistreur dont le cadran est analogue à celui des

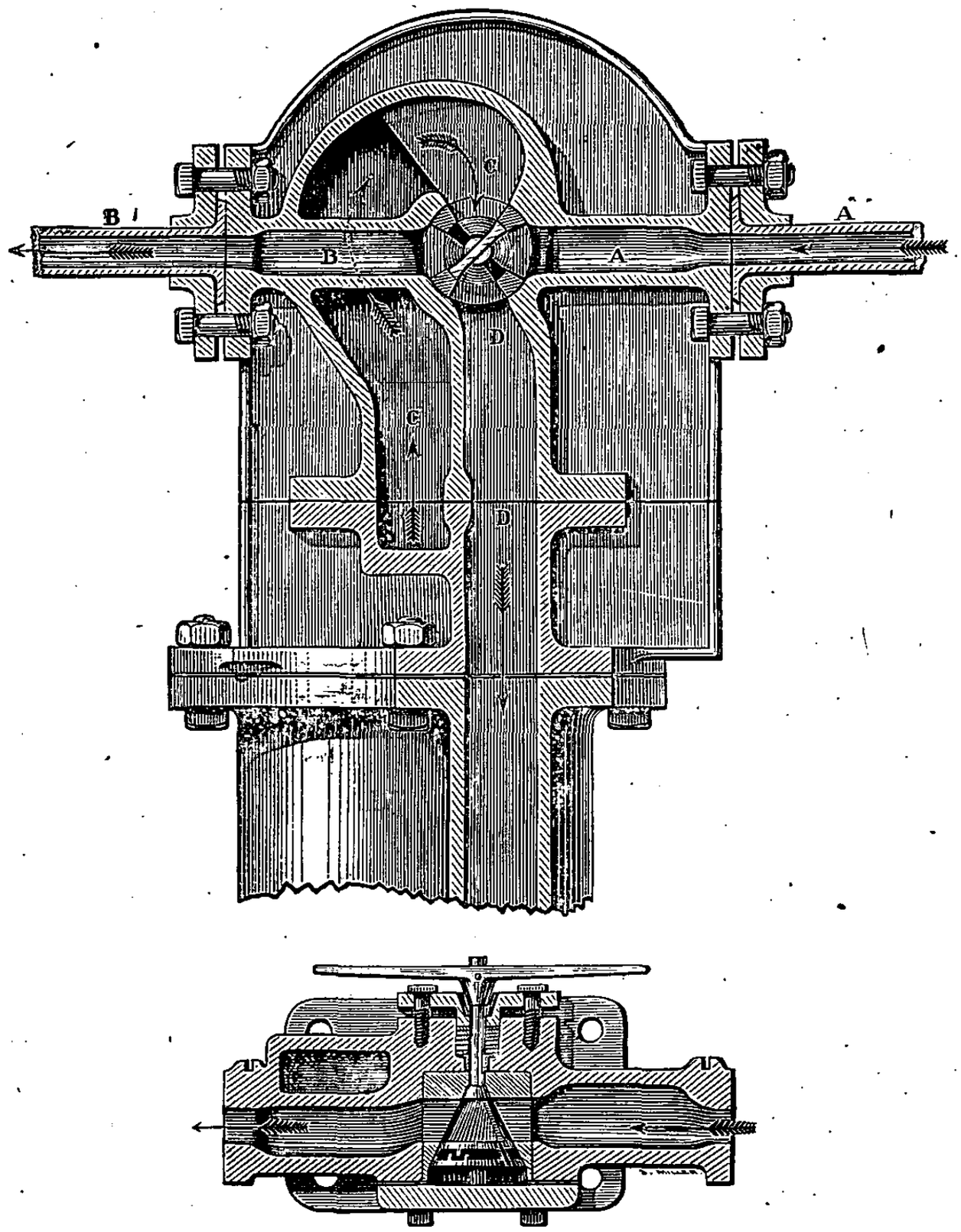


Fig. 418 et 419. — *Compteur d'eau, système Kennedy ; coupe suivant l'axe du conduit de distribution de l'eau et section faite suivant l'axe de la clef qui règle la circulation de l'eau.*

A Orifice d'entrée de l'eau. — *B* Orifice de sortie. — *C* Conduit correspondant à la partie supérieure du piston. *D* Conduit correspondant à la partie inférieure.

compteurs à gaz. Ce compteur distribue l'eau avec une régularité parfaite, sans perte de pression. Nous en avons vu naguère, en 1865, deux spécimens, établis pour un débit considérable, alimenter sans la moindre intermittence, la puissante gerbe du jet d'eau, dans le grand bassin du parc de Meudon. La simplicité de ce compteur égale la précision de sa marche ; il n'est sujet à aucun dérangement ; son nettoyage et son entretien sont faciles, et d'autant moins coûteux qu'il n'y a pas de pièces sujettes à une usure rapide.

Adopté déjà par plusieurs administrations des eaux, il avait été l'objet d'expériences intéressantes dans un concours ouvert par la Société industrielle d'Amiens, qui lui avait décerné une médaille d'or en 1866. A la suite de ces expériences, la commission instituée pour ce concours, dans un rapport longuement motivé, a constaté que le compteur Roberton-Brisson, avait donné une évaluation de l'eau qu'il a débitée, avec une approximation de moins de 2 0/0 (1,18 0/0 aux concessions d'eau, et 0,34 0/0 aux machines à vapeur marchant avec des contre-pressions variant

de 3 à 5 atmosphères); que cet appareil a fonctionné avec régularité, qu'il se démonte aisément et est susceptible d'un long service, comme le prouve l'usage qu'on en a fait à Nantes, à Angers, au château de Meudon, au service des eaux de Versailles et Marly et dans un nombre considérable de grands établissements. Malheureusement, l'inventeur était pauvre, sans appui ; une maison de construction à laquelle il avait cédé son invention s'effondra en l'entraînant dans sa ruine, et après une longue lutte contre l'adversité, il mourut sans avoir retiré le fruit de sa laborieuse carrière.

L'Angleterre a importé chez nous divers types de compteurs à piston qui n'ont qu'un seul cylindre. Parmi ces types; nous citerons le compteur Kennedy, et le compteur Frost.

Nous nous bornerons à la description du compteur Kennedy, dont les applications sont nombreuses en Angleterre; il est employé depuis 1858 par la ville de Bruxelles et adopté par la ville de Paris en vertu de l'arrêté préfectoral du 15 octobre 1880. Les figures 418 à 420 représentent les détails principaux de ce compteur.

Il comprend deux parties principales: le cylindre de jauge, et la chambre du mécanisme distributeur et enregistreur. Ce mécanisme fonctionne, en grande partie, à sec, ce qui assure la conservation des pièces autant qu'il est possible. Le piston, qui se meut verticalement dans le cylindre, a pour garniture une bague en caoutchouc qui roule sur la paroi intérieure, de sorte que son frottement est très faible, grâce à ce mouvement de roulement qu'elle effectue, ce qui atténue notablement la perte de charge. L'extrémité du piston porte une crémaillère actionnant un pignon muni de deux cames. Sur une extrémité de ce pignon à cames se trouve un autre petit pignon d'angle qui transmet le mouvement au mécanisme du cadran. Sur l'autre extrémité du pignon à cames se trouve un marteau que les cames entraînent dans un sens ou dans l'autre, selon que la crémaillère monte ou descend, et, une fois que le marteau est entièrement soulevé, il tombe sur un des bras de la clef qui a pour objet de changer la direction de l'eau, comme on le voit sur les figures 418 et 419. Un buttoir limite la course du marteau et en amortit le choc. Comme on le voit, dans la position de la clef (fig. 418 et 420) l'eau s'introduit sous le piston, le soulève, tandis que celle contenue au-dessus de lui s'échappe par le conduit C et vient sortir par l'orifice B. Le piston arrivé au haut de sa course agit, par la crémaillère, sur la clef dont il renverse la position, et l'eau s'introduit par le conduit C tandis que celle de la chambre inférieure s'écoule à son tour par le conduit D, et ainsi de suite vice versâ. Un ingénieur français M. Emile Kern, frappé des avantages que présente le compteur Kennedy et ayant été à même de constater les nombreuses applications qui en ont été faites en dehors de notre pays, s'est chargé, il y a quelques années déjà, de son introduction et de sa fabrication à Paris. Le fonctionnement de l'appareil sous l'impulsion de l'eau se conçoit facilement.

Il a été imaginé en France divers systèmes à un seul cylindre, parmi lesquels nous citerons seulement le compteur Coquart, à cylindre horizontal, et le compteur Larmaraud. Dans ce dernier le cylindre est vertical, comme celui du compteur Kennedy, mais les orifices d'entrée et de sortie de l'eau, placés sur le côté du cylindre, sont ouverts

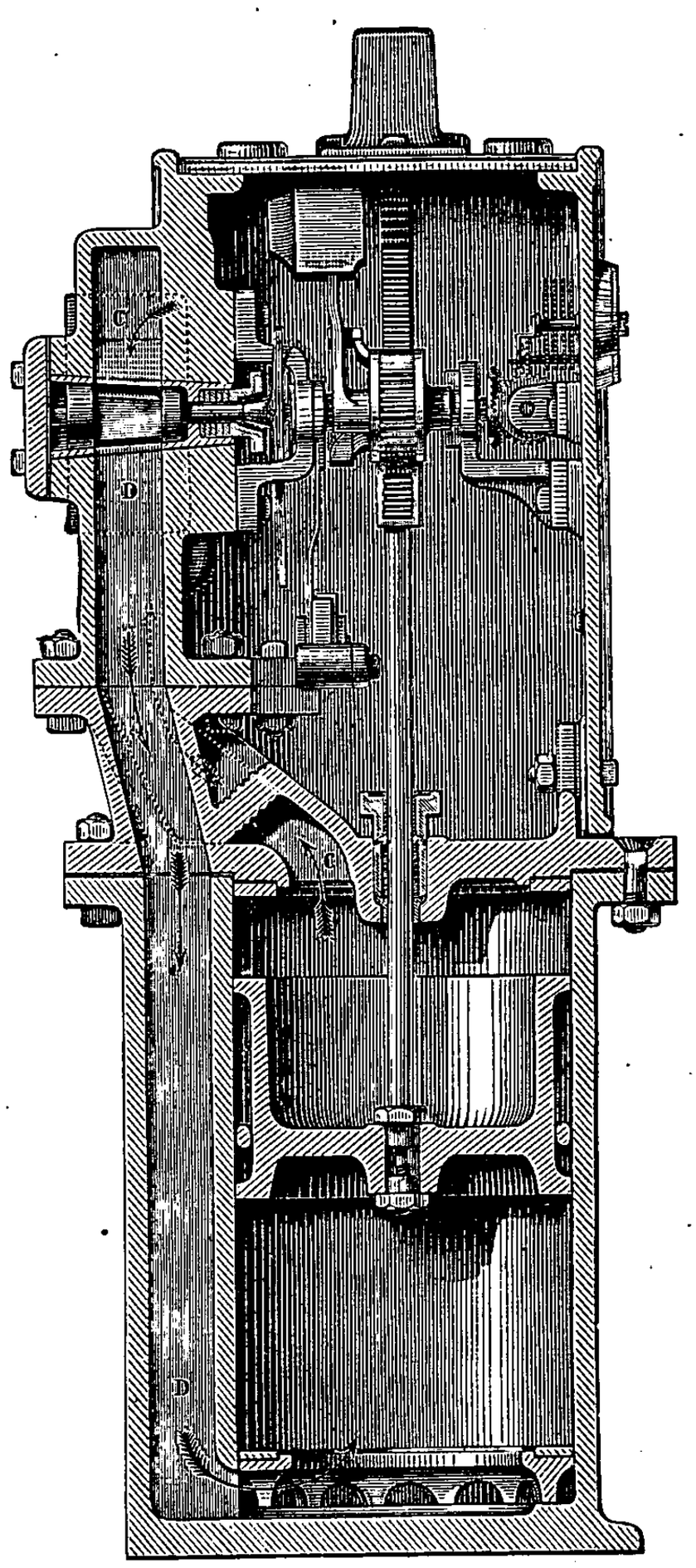


Fig. 420. — *Compteur d'eau, système Kennedy; coupe verticale suivant l'axe du cylindre.*

ou fermés par le jeu de deux petits pistons fixés sur une seule tige verticale qui se meut dans le conduit d'introduction de l'eau. Cette tige est commandée par une petite bielle, actionnée au moyen d'un contrepoids qui bascule à droite ou à gauche sous l'action de la tige du piston, selon qu'il arrive en haut ou en bas de sa course.

M. Samain a inventé un système de compteur

à quatre cylindres, que nous devons mentionner ici, bien que nous trouvions dans cette combinaison une complication que deux cylindres peuvent remplacer, sans préjudice pour la régularité de l'écoulement.

Les quatre cylindres de ce compteur, qui a été adopté par la Préfecture de la Seine, sont disposés en croix, dans un même plan horizontal, et forment à leur croisement une capacité centrale qui sert de chambre d'évacuation de l'eau mesurée.

Les figures 421 et 422 montrant la disposition d'ensemble du compteur, sont des coupes faites : la première, dans un plan horizontal, suivant les lignes AB, et la seconde, dans un plan vertical, suivant la ligne CD. Au milieu de la capacité centrale est placé un arbre vertical, à vilebrequin, relié par quatre bielles aux quatre pistons ; mais les bielles ne sont pas reliées par une attache rigide avec les pistons, elles sont terminées par des rotules qui se logent et se meuvent dans une cavité correspondante sur le plateau de chaque piston. La partie supérieure de la plaque centrale est fermée par une table de tiroir circulaire, en bronze, portant quatre ouvertures disposées en arc de cercle, qui correspondent chacune par un conduit (coupe suivant CD) avec l'extrémité de chacun des cylindres, au bout des fourreaux, en cuivre sur lesquels se fait le frottement du piston. Ce tiroir est, en outre, percé à son centre d'un quatrième orifice circulaire, laissant autour de l'arbre vilebrequin, qui le traverse, un vide annulaire correspondant avec la capacité centrale.

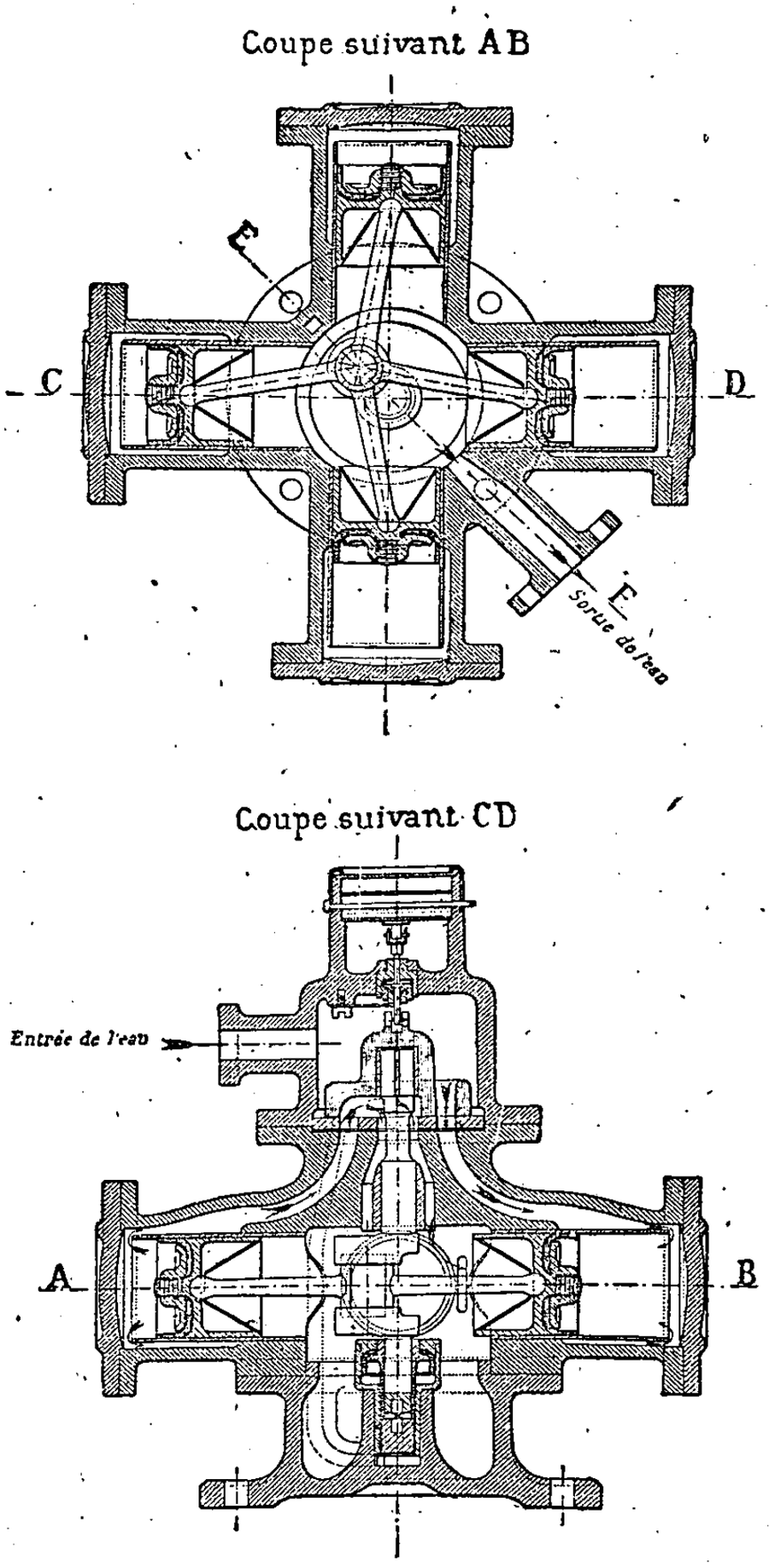


Fig. 421 et 422. — *Compteur d'eau à quatre cylindres, système Samain.*

A l'extrémité supérieure de l'arbre vertical se trouve calée une pièce circulaire qui constitue le tiroir, se mouvant par glissement sur la table dont nous venons de parler. Ce tiroir présente un évidement qui, durant le mouvement de rotation, découvre alternativement chacune des ouvertures de la table ; cet évidement établit, en même temps, comme le montrent les flèches de la figure 422, une communication entre chaque ouverture de la table et le vide annulaire donnant accès à l'eau dans la capacité centrale. L'arrivée de l'eau se fait par la tubulure que porte l'enveloppe du tiroir, et la partie supérieure de cette enveloppe renferme le mécanisme enregistreur, actionné par l'axe vertical du tiroir.

Il est facile de se rendre compte du mode de fonctionnement en suivant, sur les coupes AB et CD, la marche de l'eau indiquée par des flèches.

L'eau arrivant dans le chapeau, par la tubulure supérieure, trouve une des quatre ouvertures de la table découverte par le tiroir, et vient exercer sa pression sur le piston correspondant, qu'elle fait marcher de l'extrémité de son cylindre vers le centre. Ce piston, au moyen de sa bielle, donne le mouvement à l'arbre-vilebrequin et au tiroir qui vient découvrir l'ouverture suivante.

Pendant ce temps, le piston opposé est repoussé du centre vers l'extrémité de son cylindre, et l'eau contenue dans ce dernier, remontant sous le tiroir, passe par la coquille et le vide annulaire autour de l'arbre pour entrer dans la capacité centrale, d'où elle s'échappe par la tubulure de sortie.

La même chose se reproduisant successivement pour chaque cylindre, le mouvement de rotation continu est imprimé à l'arbre vertical, au tiroir et au mécanisme enregistreur qu'il commande, et l'écoulement de l'eau s'effectue sans aucune intermittence. Ce compteur, nous l'avons dit, a été adopté pour la vente de l'eau à Paris par un arrêté préfectoral du 15 octobre 1880.

Il effectue le mesurage avec une exactitude qui

ne présente jamais plus de 2 0/0 d'écart, quel que soit le débit. Il fonctionne avec beaucoup de régularité, sans chocs, sans changement de vitesse dans la marche de l'eau. Son débit normal, sous diverses pressions, est indiqué par le tableau ci-contre.

M. Samain a, tout récemment, créé un nouveau système de compteur à eau beaucoup plus simple que le précédent. Il lui a donné le nom de *compteur universel*, sans doute pour exprimer qu'il peut s'appliquer à tous les liquides en général.

Compteurs ayant des orifices de	Débit en hectolitres par heure sous des pressions de						
	1m,00	1m,50	5m,00	10 m,00	15m,00	20m,00	30m,00
10 m/m	3	»	9	13	16	19	23
15 —	6	9	20	29	36	42	50
20 —	12	16	36	52	64	76	92
30 —	27	38	81	117	144	171	207
40 —	48	67	144	208	256	304	368
60 —	108	152	324	468	576	684	828

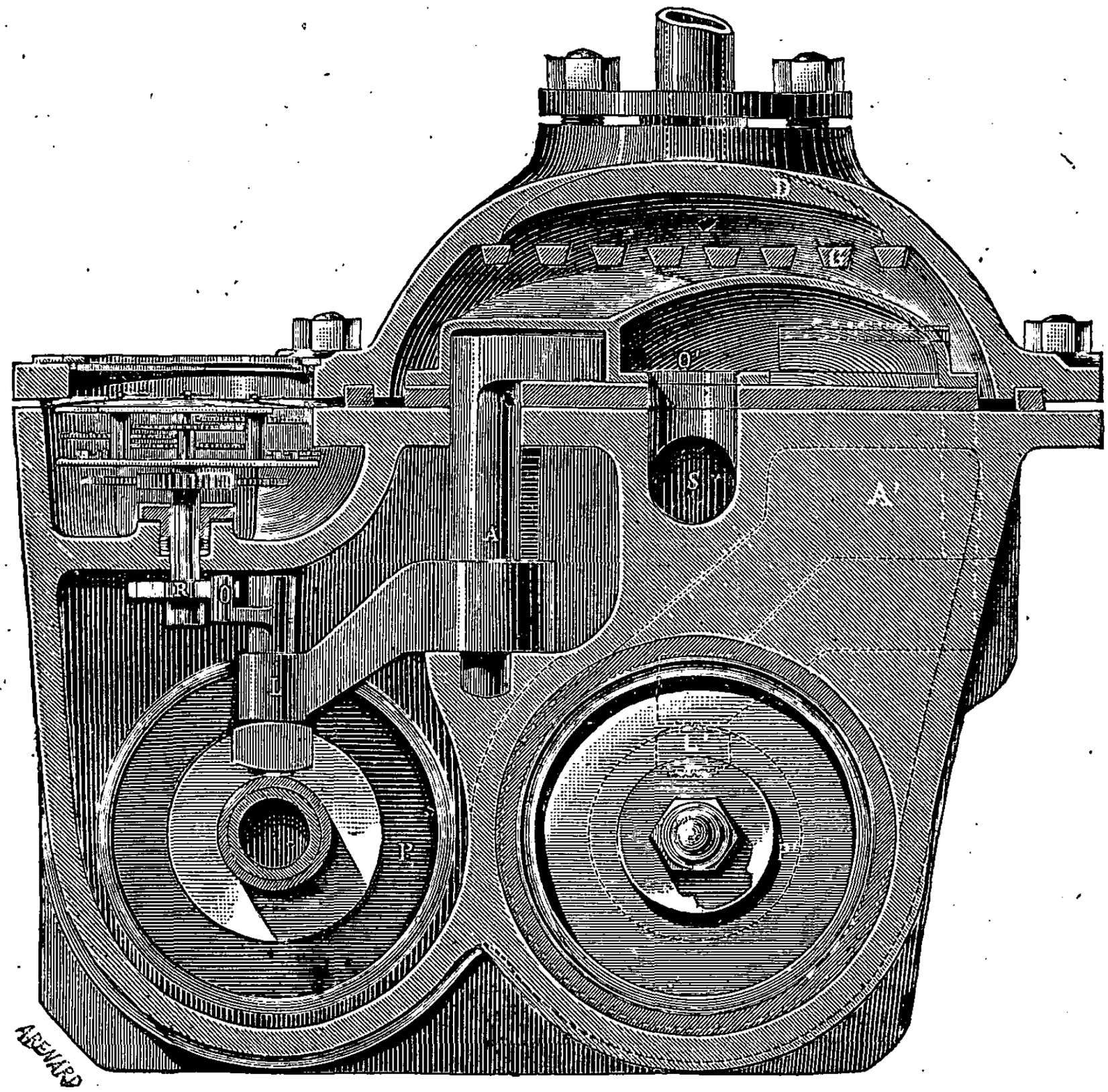


Fig. 423. — *Compteur Frager. Coupe verticale.*

Il ne comporte qu'un seul cylindre vertical, un seul piston jaugeur et un seul tiroir. Il n'a ni presse-étoupes pour la tige du piston, ni crémaillère, ni contre-poids, ni ressort ponr la transmission du mouvement. Ce compteur est d'une grande simplicité, d'un entretien facile, d'un prix modéré ; nous le croyons sérieusement appelé à prendre une place importante à côté de ceux qui sont adoptés aujourd'hui.

Au lieu d'avoir à noter les positions respectives des aiguilles sur plusieurs cadrans, on n'a qu'à lire les chiffres dans l'ordre où ils se présentent à chacune des petites ouvertures ménagées sur le devant de la boîte. La lecture est ainsi beaucoup plus facile et ne présente plus de chances d'erreurs comme celle des cadrans à aiguille.

Un ingénieur du Creusot, M. Roux, ayant imaginé un mode de distribution formé de trois pistons qui se commandent les uns les autres successivement et sans intermédiaires, après en avoir fait l'application à une pompe à colonne d'eau et à une pompe à vapeur, en a déduit aussi la disposition d'un compteur à eau qui

n'a, en réalité, que trois pièces en mouvement, ses trois pistons. Ils fonctionnent librement, indépendamment, sans presse-étoupes, ni tige, ni attache entre eux. Ils n'ont d'autre communication et de solidarité que par des conduits à travers lesquels l'eau passe et agit comme moteur pour déterminer et coordonner les mouvements simultanés.

Nous terminerons cette énumération des principaux types de compteur à eau par la description du système Frager.

Cet appareil est adopté maintenant par un grand nombre de Compagnies des eaux, qui reconnaissent l'intérêt que présente la fourniture de l'eau au compteur, de préférence aux autres modes usités jusqu'à présent. Le premier type de compteur, créé, en 1872, par M. Frager, se composait de deux cylindres horizontaux, placés vis-à-vis l'un de l'autre, dans une enveloppe également cylindrique. Les deux pistons, opposés l'un à l'autre, marchaient en sens inverse, l'un avançait tandis que l'autre rétrogra-

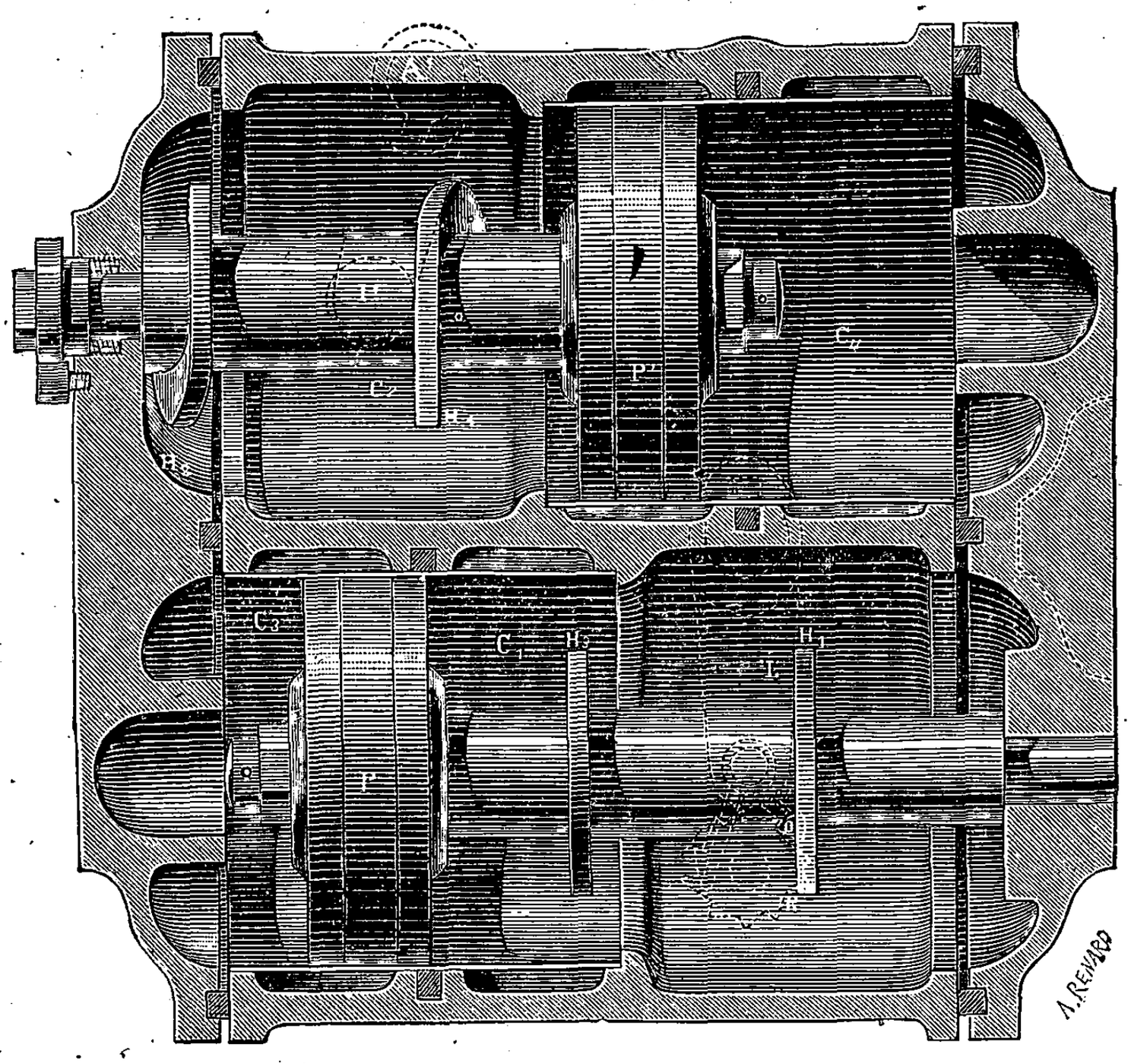


Fig. 424. — *Compteur Frager. Coupe horizontale.*

dait. L'admission de l'eau en avant et en arrière de chaque piston se faisait au moyen de tiroirs découvrant des orifices que des petits tuyaux entrecroisés reliaient entre eux. Ce croisement de tuyaux avait pour but de produire une distribution analogue à celle dont nous avons déjà parlé dans la description du compteur Roberton-Brisson. Le piston du cylindre de droite actionnait le tiroir qui correspondait au cylindre de gauche et vice versâ. Ces tuyaux, d'un petit diamètre et d'un montage assez compliqué, formaient des sinuosités qui occasionnaient une notable perte de charge et qui présentaient, surtout avec des eaux limoneuses, des risques d'obstructions fréquentes. Le nouveau type de compteur (modèle 1878), créé par M. Frager, est complètement exempt de ces inconvénients.

Les figures 423 et 424 sont la coupe transversale et la coupe horizontale du compteur, montrant les deux cylindres juxtaposés.

Nous pouvons suivre facilement le mouvement de l'eau dans l'appareil en marche.

L'eau entre dans le compteur par la tubulure d'entrée placée au sommet de la boîte de distribution ; elle traverse la grille qui retient les grosses impuretés, et vient presser les tiroirs sur leurs valves. Le plan de la boîte de distribution nous montre les quatre orifices d'entrée correspondant aux deux extrémités des deux cylindres ; ce sont les ouvertures pratiquées dans le plateau sur

lequel glissent à frottement les deux tiroirs, dont la partie conique forme comme une sorte de coquille qui fait communiquer les orifices allongés avec les autres orifices placés dans l'axe des tiroirs et qui, eux-mêmes, débouchent dans le conduit qui aboutit à l'orifice d'évacuation de l'eau, et de là à la tubulure de sortie.

Par conséquent, lorsque l'eau pénètre dans les capacités des cylindres par les orifices qui se trouvent découverts, au même instant les orifices opposés communiquent avec la tubulure de sortie, par l'intermédiaire des coquilles des tiroirs qui les recouvrent, de sorte que les espaces se trouvent en décharge, et les pistons qui séparent ces capacités des premières tendent à se déplacer vers la gauche.

Le piston reste immobile, mais s'achemine vers le même fond gauche qu'il vient toucher, admettant une cylindrée d'eau dans la capacité, et expulsant une cylindrée égale de la capacité. Avant de s'arrêter à fond de course, il déplace le tiroir qui découvre l'orifice.

Par suite de ce déplacement, les pressions sont renversées dans le cylindre C'; C2 se trouve en charge, C4 en décharge, et le piston P' poussé vers le fond droit refoule une seconde cylindrée d'eau dans la tubulure de sortie. Avant de s'arrêter à fond de course, il déplace le tiroir T, qui découvre O3 et recouvre O1. Par suite de ce déplacement, les pressions sont renversées dans le cylindre C; C3 se trouve en charge et C1 en décharge.

A son tour, le piston P marche vers la droite, refoulant une troisième cylindrée, d'eau dans la tubulure de sortie ; il déplace eu arrivant à fond de course, le tiroir T', et provoque l'expulsion d'une quatrième cylindrée par le piston P'.

Les différents organes sont alors revenus à leur point de départ, sauf le rochet R, qui a avancé d'une quantité correspondante au volume débité, et qui entraîne le mécanisme d'horlogerie destiné à totaliser les volumes mesurés successivement par le jeu des pistons que nous venons d'expliquer.

Nous avons dit que chaque piston actionnait vers la fin de sa course le tiroir qui distribue l'eau dans l'autre cylindre. A cet effet, la tige du piston porte deux heurtoirs H1, H3 ou H2, H4 ; ces heurtoirs viennent alternativement agir sur le galet qui termine le levier de commande L ou L', calé sur l'arbre A ou A', qui traverse la glace de valve V ou V'. La tête excentrique de cet arbre est logée sous la coquille du tiroir dans un compartiment séparé de celui qui fonctionne pour la distribution, de sorte qu'elle entraîne le tiroir et l'amène en pivotant autour de l'arbre, tantôt sur l'orifice droit tantôt sur l'orifice gauche.

Le mécanisme qui transmet le mouvement à l'horlogerie est également très simple. Le levier L porte un tourillon qui conduit un encliquetage dont l'arbre passe dans la boîte d'horlogerie au moyen d'une boîte à étoupe.

La communication des tiroirs aux extrémités des cylindres se fait par des canaux venus de fonte dans l'enveloppe même, idée heureuse qui simplifie considérablement la construction, comme nous l'avons vu déjà dans le compteur Roberton-Brisson.

Le nouveau type de compteur Frager présente donc des qualités sérieuses de simplicité, de solidité, de régularité de marche et, enfin, de précision dans le mesurage, qui expliquent la faveur avec laquelle il est accueilli généralement par les Compagnies et par les industriels.

Compteur à eau pour générateurs de vapeur. Cette application, qui tend à se répandre, présente pour les établissements industriels un intérêt incontestable. Les indications du compteur, en permettant de se rendre un compte exact de la quantité d'eau vaporisée dans un temps déterminé et, par conséquent, de la quantité de vapeur dépensée durant le même temps, donnent le moyen : 1° de comparer le poids d'eau vaporisée au poids de combustible consommé, d'établir le prix de revient du kilogramme de vapeur et de reconnaître si le combustible est employé dans les conditions d'économie qu'on peut réaliser ; 2° de comparer le poids de vapeur produite avec le nombre de tours du moteur actionné, de calculer si la dépense de vapeur par la machine est ou n'est pas dans des conditions normales.

On peut donc, en employant judicieusement un compteur d'eau pour l'alimentation des chaudières à vapeur, s'assurer si leur marche est satisfaisante et la régler avec toutes les économies qu'elle

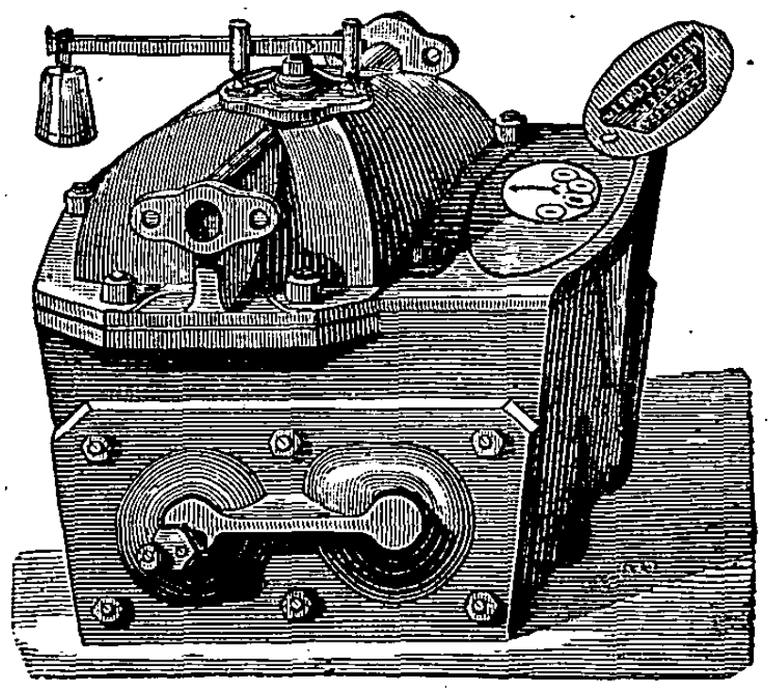


Fig. 425. — *Compteur d'eau, système Frager. Type appliqué aux chaudières à vapeur.*

comporte. Les compteurs destinés à cette application sont du même type que ceux employés pour la distribution de l'eau dans les concessions ordinaires. Seulement, ils sont construits plus solidement, parce que, destinés à être placés sur la conduite de refoulement de la pompe alimentaire, il faut que leurs organes soient assez robustes pour résister aux chocs qui peuvent être occasionnés par les coups de piston. Il faut aussi les munir d'une soupape de sûreté, pour qu'un excès de pression ne risque pas de les faire éclater, et, indépendamment de cette précaution, il est toujours bon d'interposer entre

la chaudière et le compteur un clapet de retenue.

Quand les compteurs ont des pistons garnis de cuir, il ne faut pas y faire passer de l'eau trop chaude; une température de 40 à 50° ne saurait, toutefois, les altérer; mais il est prudent de ne pas dépasser cette limite.

La figure 425 représente le compteur du système Frager tel qu'il se construit pour l'application aux générateurs de vapeur, avec la soupape de sûreté ajoutée à l'appareil, dont l'extérieur ne présente, d'ailleurs, aucune autre différence avec le type ordinaire. — G. J.

COMPTEUR A GAZ. Le gaz, comme l'eau, se vend au volume. Il a donc fallu établir une mesure de capacité pour déterminer les quantités livrées aux consommateurs, et pour cela on a adopté en France une *unité de mesure* prise dans notre système métrique. On a adopté le *mètre cube*, capacité de *mille litres*, avec ses fractions, qui sont l'hectolitre, le décalitre et le litre. Ainsi le mètre cube est l'unité usuelle pour le mesurage du gaz, qu'il s'agisse de déterminer les quantités fabriquées dans l'usine, ou de contrôler celles qui sont livrées à la consommation.

Les appareils destinés à ce mesurage portent le nom de *compteurs*. On appelle *compteurs de fabrication* ceux qu'on emploie dans les usines pour enregistrer le volume de gaz produit, et *compteurs d'abonnés* ceux qui servent à mesurer, chez le consommateur, la quantité de gaz employée.

Dans l'origine de l'industrie du gaz, alors que le compteur n'était pas encore entré dans la pratique, on vendait le gaz par *abonnement au mois*, suivant une évaluation correspondant à la dépense présumée; mais ce moyen présentait pour les Compagnies comme pour les abonnés de graves inconvénients: il y avait là matière à discussions; c'était une lutte constante des intérêts opposés des deux parties. Si, d'une part, les consommateurs, qui n'étaient pas tous de bonne foi, cherchaient à outre-passer la dépense convenue pour leur abonnement, les Compagnies, de leur côté, devaient prendre des précautions sérieuses pour se mettre à l'abri des fraudes; et de là résultaient des conflits fréquents au détriment tantôt de l'une et tantôt de l'autre des parties. Néanmoins, lorsqu'un instrument précis, approprié à la détermination exacte du volume dépensé, vint offrir aux producteurs et aux consommateurs le moyen de contrôle qui leur avait manqué, il ne fut accueilli d'abord en France qu'avec une certaine hésitation. Les Compagnies, en effet, craignirent de voir diminuer leurs recettes, en prétextant que les abonnés trouveraient dans l'emploi du compteur un moyen de faire, sur leur dépense de gaz, des économies que les conditions de vente par abonnement ne permettaient pas. En effet, ces conditions assuraient au vendeur une recette fixe; on craignait d'en voir diminuer le chiffre par la vente à la mesure. Il fallut les efforts persévérants des premiers constructeurs, qui établirent à Paris la fabrication des compteurs, importée d'Angleterre; il fallut aussi l'expérience qui démontra, par des chiffres incontestables, les avantages que l'emploi des compteurs offrait aux producteurs de gaz, pour faire enfin abandonner l'ancien système, et faire prévaloir l'usage de la vente au compteur.

Historique. Le premier compteur à gaz est l'œuvre d'un inventeur anglais, Samuel Clegg, qui vers 1815 imagina un appareil composé de deux cloches, dont l'une s'élevait en recevant le gaz tandis que l'autre s'abaissait en le débitant. Bientôt il créa un autre type d'appareil qui a été réellement le point de départ de l'invention du compteur actuel. Cet appareil se composait de deux chambres semi-cylindriques, fermées, fixées sur un axe horizontal creux, tournant sur un pivot à l'une de ses extrémités, et à l'autre traversant une boite à étoupes. L'appareil tournait dans l'eau qui s'élevait jusqu'à un niveau un peu inférieur à l'axe, dans l'enveloppe cylindrique.

John Malam, ingénieur de la *Chartered Gaz Company*, perfectionna l'appareil, en remplaçant les deux chambres par un tambour cylindrique divisé en quatre compartiments, tournant sur un axe horizontal dans une enveloppe concentrique. La moitié inférieure plongeait dans l'eau, tandis que la moitié supérieure contenait le gaz qui s'introduisait dans un compartiment central, également concentrique, disposé autour de l'arbre, et communiquant par des fentes longitudinales avec chacun des quatre autres compartiments, qui portaient aussi à leur circonférence extérieure d'autres ouvertures longitudinales. Les premières servaient à l'entrée du gaz, les secondes à sa sortie; les fentes d'un même compartiment étaient disposées de façon que l'une était immergée quand l'autre était sortie de l'eau. La chambre centrale recevait le gaz par un tuyau coudé, idée première de celui que nous retrouverons bientôt sous le nom de *syphon* dans les compteurs actuels. L'entrée du gaz était continue, l'écoulement se produisait sans oscillations dans la flamme. Le compteur reçut ensuite de nouveaux perfectionnements dus à Crosley, qui par une heureuse modification du tambour, réussit à réduire aux moindres limites possibles la pression absorbée par la marche de l'appareil, en même temps qu'il en rendait le fonctionnement aussi régulier que précis pour l'exactitude du mesurage. Plus tard, Wright eut l'idée de supprimer, vers le centre des aubes, une petite portion de métal, et par cette ingénieuse modification, il diminua le frottement, le *clapotement* dans l'eau, facilita l'équilibre du niveau, et donna aux compteurs plus de diamètre et moins de profondeur, ce qui réduisit notablement les erreurs d'indication provenant des variations de niveau.

Nous n'entrerons pas dans de plus longs détails sur cette partie historique de l'étude que nous avons à faire. Nous allons maintenant examiner le compteur à gaz tel qu'il est employé aujourd'hui, réunissant, dans son ensemble, tous les perfectionnements de détail imaginés successivement par les constructeurs.

Description du compteur normal. Dans tous les compteurs d'abonnés nous retrouvons toujours les mêmes éléments intérieurs, les mêmes dimensions et dispositions extérieures, les mêmes règles de construction. Cela se conçoit puisque l'instrument a le caractère d'une mesure légale, qui doit, par conséquent, être établie par tous les fabricants dans des conditions identiques et comparables. Du reste, les compteurs sont soumis au *poinçonnage* de la préfecture de la Seine, à Paris, et ils ne sont livrés au commerce qu'après avoir subi une vérification qui est la garantie de leur exactitude.

Le compteur à gaz a pour organe essentiel le

tambour ou *volant*, constituant l'appareil mesureur, monté sur un axe horizontal qui se meut dans une enveloppe cylindrique, contenant de l'eau jusqu'à un niveau déterminé et réglé convenablement. L'axe porte à l'une de ses extrémités une roue dentée transmettant le mouvement à un mécanisme qui fait mouvoir les aiguilles d'une série de cadrans enregistrant la consommation. Le tambour mesureur est cylindrique, et son axe est disposé horizontalement; quatre cloisons planes inclinées sur l'axe divisent ce tambour en quatre compartiments égaux qui s'emplissent et se vident successivement pendant la rotation du système. La distribution du gaz dans les quatre compartiments s'effectue au moyen d'une calotte sphérique placée à l'extrémité antérieure du cylindre: le gaz s'introduit dans cette calotte par la branche recourbée du syphon dont nous parlerons tout à l'heure. Toutes les ouvertures donnant accès au gaz dans les compartiments correspondent à la calotte. Le gaz arrivant dans cet espace, au-dessus du niveau de l'eau, trouve l'ouverture

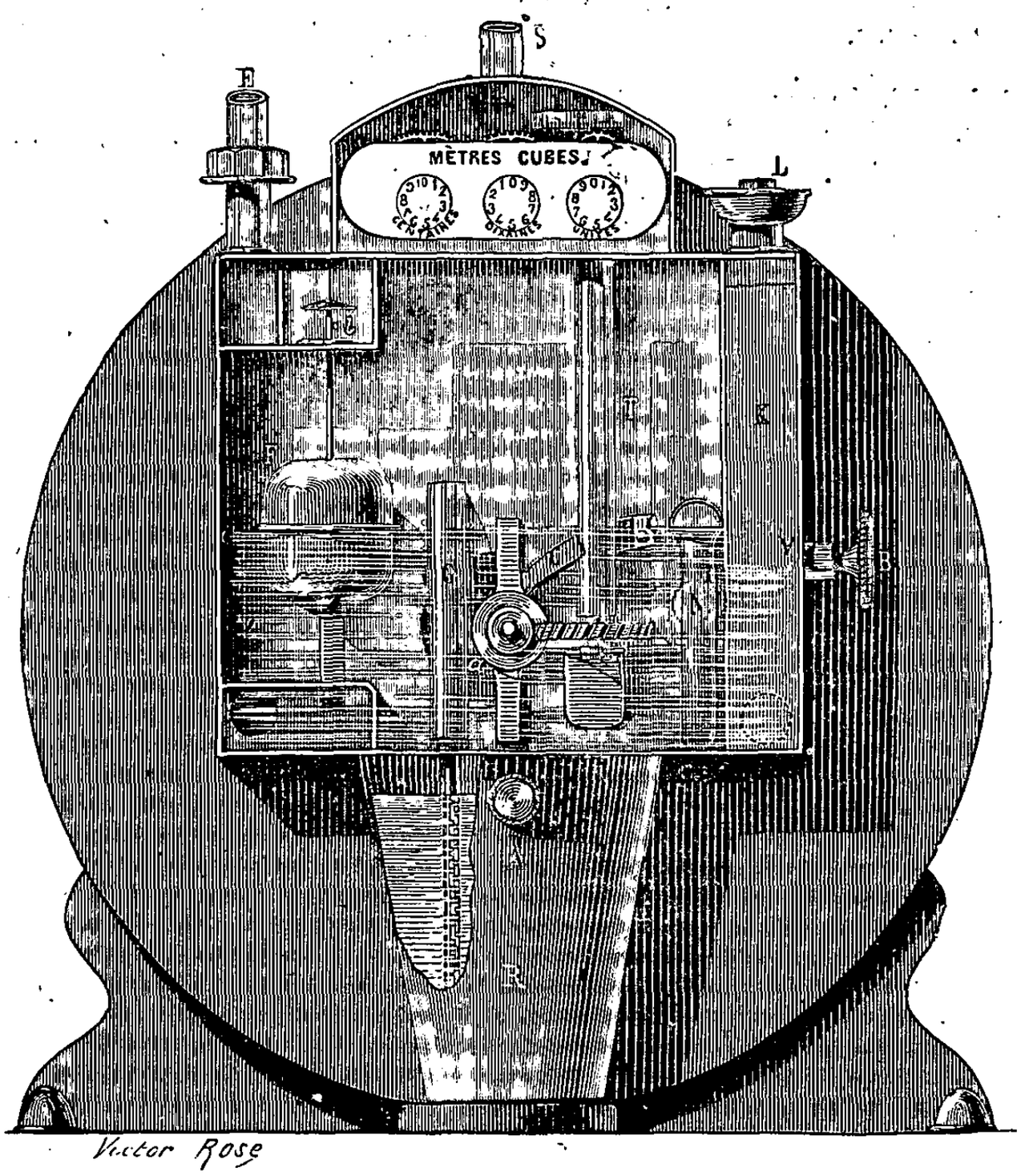


Fig. 426. — *Vue de face du compteur normal, la paroi antérieure de la boîte étant supposée enlevée pour faire voir les organes intérieurs.*

de l'un des compartiments qui se présente hors de l'eau; il s'introduit dans ce compartiment, et par la pression qu'il exerce sur la cloison émergeante, il lui imprime une impulsion qui, se continuant à mesure que le compartiment s'emplit de gaz, détermine un mouvement de rotation du cylindre sur son axe horizontal. Dès que ce premier compartiment est rempli, son orifice d'entrée se trouve immergé, et son orifice de sortie, placé symétriquement à l'extrémité opposée du cylindre, commence à sortir de l'eau et à livrer passage au gaz. Mais déjà le compartiment suivant reçoit le gaz qui lui arrive par son orifice d'entrée, découvert à son tour, de sorte que l'impulsion qui produit le mouvement de rotation continue à déterminer les mêmes effets, en faisant tourner le tambour avec une régularité constante.

Tant que le gaz se dépense, l'écoulement s'effectue, la pression d'entrée dans le compteur étant nécessairement supérieure à celle de sortie. Dès qu'il n'y a plus débit de gaz aux becs, c'est-à-dire lorsque les robinets de tous les appareils sont fermés, la dépense cesse, et l'écoulement du gaz est suspendu: le compteur s'arrête, et les aiguilles des cadrans enregisteurs restent en repos. Le volume de gaz qui a passé successivement dans les quatre chambres représente un certain nombre de litres que l'appareil doit enregistrer. Mais la capacité de chaque compartiment étant déterminée par les parois métalliques du volant,

et par une paroi liquide, qui est la surface de l'eau, on conçoit immédiatement combien il est nécessaire de maintenir constant le niveau de cette eau. Car, si le niveau s'élève ou s'abaisse, la capacité mesurante se diminue ou s'agrandit, et comme le nombre de tours du volant ne se modifie pas par suite de cette variation de la surface liquide, le mouvement des cadrans ne correspond plus au volume réel débité. Il est donc indispensable pour l'exactitude du mesurage que le niveau de l'eau reste aussi invariable que possible.

Il est indispensable aussi que ni l'une ni l'autre des parties intéressées ne puisse fausser les indications de l'instrument. Il faut, en un mot, que la sécurité soit aussi grande du côté de l'usine envers l'abonné, que du côté de l'abonné envers l'usine. Cette condition essentielle a été réalisée par une série d'organes que nous allons énumérer successivement. Ils sont contenus dans la boîte rectangulaire placée sur le devant du compteur. La figure 426, qui représente le compteur normal, nous montre l'intérieur de cette boîte, comme si la face antérieure était enlevée. L'entrée du gaz se fait par le tuyau E, qui se trouve à l'angle gauche de la boîte en question; la sortie du gaz s'effectue par le tuyau S qui est placé au milieu du corps cylindrique du compteur.

Tube d'introduction et de niveau de l'eau. A l'angle droit de la boîte se trouve l'orifice L du tuyau d'introduction de l'eau, ce tuyau K descend presque vers le bas de la boîte, avec laquelle il communique par un trou découpé à sa partie inférieure. Le niveau normal de l'eau est réglé par le bord supérieur d'un tube vertical N formant syphon et communiquant avec le dehors de la boîte par un orifice horizontal que ferme le bouchon à vis placé en V. Cet orifice donne passage à l'eau en excès, quand le niveau s'élève au-dessus du bord du tube N.

Pour régler ou vérifier le niveau d'eau d'un compteur, il faut enlever la vis V, et le bouchon à vis L, après avoir préalablement fermé le robinet d'arrivée du gaz au tuyau E; il faut, en outre, ouvrir la sortie du compteur, ce qui peut se faire en ouvrant simplement l'un des becs les plus voisins de l'appareil. Alors, on s'assure si l'eau affleure le niveau de la vis V, ce qui a lieu lorsque l'eau tombe goutte à goutte par cet orifice. Si le niveau est trop bas, il n'y aura pas trace de goutte d'eau quand on aura dévissé la vis V, on introduira de l'eau par le bouchon L jusqu'à ce que l'écoulement commence en V. Si le niveau est trop élevé, on laissera égoutter l'excès d'eau qui sortira par l'orifice V jusqu'à ce que l'écoulement ait cessé.

Soupape d'introduction et flotteur. Nous avons dit que, si le niveau de l'eau s'abaissait, le volume débité augmenterait sans que le cadran accusât une augmentation de dépense. Cette erreur de mesure serait donc à l'avantage de l'abonné qui peut y chercher un moyen frauduleux de tromper l'usine. Mais l'introduction du gaz dans la boîte se fait par une *soupape i* fixée à l'extrémité d'une tige verticale que porte le flotteur F. Ce flotteur est équilibré de façon à suivre les mouvements du niveau de l'eau, et la course de la soupape *i* est réglée de telle façon que, si le niveau de l'eau était abaissé, par accident ou par malveillance, au-dessous de la limite normale, la soupape venant reposer sur son siège intercepterait le passage du gaz.

Ainsi, quand le gaz cesse accidentellement d'arriver dans un compteur, il faut d'abord s'assurer si cet arrêt est dû à l'abaissement du niveau de l'eau, qu'on rétablira de suite à son point normal. Et si, par fraude, un consommateur essayait d'abaisser au-delà de la limite admise le niveau de l'eau dans son compteur, il déterminerait l'occlusion de la soupape et se priverait de gaz.

Syphon. Si l'usine se trouve, par l'emploi de la soupape, à l'abri du préjudice que lui causerait l'abaissement exagéré du niveau de l'eau, il est juste que l'abonné soit réciproquement protégé contre le préjudice qu'il éprouverait si l'usine élevait trop le niveau liquide. La capacité mesurante serait alors réduite au détriment de l'abonné. Le syphon G prévient cette cause d'erreur. C'est un tube recourbé en U dont la seconde branche, placée dans le même plan que la première, s'engage dans la calotte sphérique dont nous avons parlé précédemment, qui est en avant du tambour mesureur. Le bord supérieur de la branche G, placée dans la boîte, est fixé à une hauteur telle que, si le niveau de l'eau s'élevait au-delà de la limite admise, l'eau s'introduirait dans le syphon et viendrait obstruer le bas de la branche recourbée, et arrêter, par conséquent, le passage du gaz. Ainsi lorsque, par suite de condensations, le niveau d'eau s'élève trop haut, s'il arrive que l'eau s'introduit dans la partie recourbée du syphon, il peut se faire que l'obstruction ne soit que partielle, et alors les fluctuations de l'eau produisent cet effet bien connu qu'on caractérise en disant *que le gaz danse*; mais si l'eau entre en plus grande quantité, l'obstruction devient complète et le passage du gaz est totalement arrêté.

Ainsi l'usine ne pourrait élever le niveau de l'eau sans s'exposer à mettre elle-même ses abonnés dans l'impossibilité de se servir du gaz. Pour les cas accidentels où ce fait se produit, on y remédie en faisant écouler l'excès d'eau du syphon par la vis A du réservoir inférieur R placé sous la boîte du compteur.

Garde hydraulique. Ce réservoir R qu'on appelle *garde hydraulique* est encore une garantie contre la fraude qui consisterait à prendre du gaz par le bas du syphon. Les compteurs qui n'ont pas ce réservoir portent, en effet, au-dessous du syphon, un bouchon à vis qu'on enlève à volonté quand on veut faire écouler l'eau. Mais on peut prendre par ce bouchon du gaz qui n'a pas été mesuré. La préfecture de police, à Paris, n'admet plus de compteurs sans garde hydraulique. Le syphon se purge automatiquement dans le réservoir R par le petit tube placé au-dessous de la branche G, venant plonger dans l'eau du réservoir inférieur. Le bouchon A enlève l'excédent de l'eau, sans jamais laisser découvrir l'extrémité du tube plon-

geur, de sorte qu'il ne peut s'échapper de gaz par cet orifice.

Mécanisme enregistreur. Il nous reste maintenant à voir comment le mesurage effectué par le tambour va pouvoir s'enregistrer sur les cadrans du compteur. L'axe horizontal, traversant la paroi postérieure de la boîte, porte à son extrémité une vis sans fin *a* qui engrène avec une roue à dents inclinées, fixée au bas d'un arbre vertical tournant dans la gaine T. Cet arbre communique le mouvement à une série d'engrenages qui font mouvoir les aiguilles des cadrans.

La première aiguille à droite, qui marque les mètres cubes, fait un tour comprenant les dix divisions du cadran, pendant que la seconde avance seulement d'une division, qui correspond à une *dizaine*. La troisième avançant aussi d'une division pendant que celle des dizaines parcourt les dix divisions du cadran, marquera, par conséquent, les centaines; et ainsi de suite, autant qu'il y aura de cadrans. La lecture du volume enregistré est donc très facile; il suffit de lire, dans l'ordre de la numération décimale, les chiffres des divisions franchies par l'aiguille. Ainsi supposons, par exemple, que sur le premier cadran de gauche l'aiguille soit entre les divisions marquées 5 et 6; que sur le second elle se trouve entre 3 et 4; que sur le troisième elle soit entre 7 et 8. Nous lirons ou nous écrirons les chiffres dans l'ordre suivant 537, qui signifiera 537 mètres cubes.

Bien que dans la pratique on ne compte pas, dans les relevés mensuels de la consommation, les fractions de mètres cubes, le compteur peut les accuser. Il est, à cet effet, muni d'un cadran supplémentaire, généralement de forme cylindrique, placé au sommet de l'arbre vertical T, et tournant horizontalement au-dessus du cadran émaillé. Cet appendice, auquel on a donné le nom de *tambour des litres*, est divisé en 100 divisions correspondant à 100 litres, pour les compteurs de 3, 5 et 10 becs; il est divisé en 200 divisions représentant 200 litres, pour les compteurs de 20 becs; enfin, en 100 divisions de 5 litres chacune, formant 500 litres pour un tour du tambour, dans les compteurs de 30 à 40 becs. Au-delà de ce modèle, le tambour est divisé en 100 divisions de 10 litres chacune, formant 1,000 litres pour un tour. Ce tambour a une utilité qu'il est intéressant de signaler. Son examen attentif peut indiquer les irrégularités dans la marche du compteur. Il peut aussi servir à constater s'il existe des fuites dans l'installation de la plomberie et des appareils. M. Peyre a, dans ce but, apporté à la disposition du tambour des litres une heureuse modification qu'il serait désirable de voir appliquée généralement. Il a remplacé le tambour en métal, sur lequel les divisions sont peu apparentes, par un cadran horizontal émaillé dont la lecture est beaucoup plus facile et plus commode.

Cliquet d'arrêt. Pour compléter les précautions prises en vue d'éviter les erreurs ou la fraude dans l'emploi des compteurs, il importait que le volant ne pût pas tourner en sens inverse de sa marche normale, car le mouvement rétrograde décompterait sur les cadrans la consommation indiquée. On prévient cet inconvénient par l'application d'un cliquet d'arrêt, qu'on voit en C dans la boîte du compteur normal (fig. 426). Ce cliquet, en prise avec une petite roue à rochet fixée sur l'arbre du volant, empêche celui-ci de revenir en arrière.

Poinçonnage des compteurs. Nous avons indiqué les moyens d'empêcher les erreurs dans le mesurage du gaz; mais à ces moyens, qui assurent la perfection du fonctionnement, il était nécessaire d'ajouter la garantie d'exactitude que donne la vérification officielle des compteurs avant leur livraison au public. Cette vérification se fait à Paris par les agents de la préfecture de la Seine. Quelques grandes villes ont établi aussi un service de vérification des compteurs.

La réglementation du poinçonnage a été fixée par un arrêté du préfet de la Seine, en date du 24 avril 1866, dont l'article 1er déclare qu'aucun compteur neuf ou réparé « ne pourra être mis en service à Paris, sans avoir été, au point de vue de l'exactitude et de la confection réglementaire, vérifié par les agents de l'administration et revêtu par eux du poinçonnage municipal. » Ce poinçonnage est soumis à une taxe que le fabricant paie à l'administration, à raison de 0 fr. 15 par bec de capacité.

Le vérificateur admet au poinçonnage tous les compteurs qui, d'après les épreuves réglementaires auxquelles ils ont été soumis, ont enregistré *à un pour cent* près, en plus ou en moins, le volume exact du gaz débité par la mesure-étalon qui sert à la vérification, et qui n'ont pas absorbé une pression supérieure à trois millimètres d'eau. L'opération du poinçonnage consiste dans l'apposition de cachets en cire, dans des bagues métalliques soudées sur les diverses parties du compteur qu'il serait nécessaire de déplacer, si l'on voulait chercher à altérer la marche de l'appareil. C'est ainsi qu'on rend impossible, à moins de briser les cachets, le dérangement du niveau d'eau, l'altération de la position respective des aiguilles, et la modification des organes intérieurs de la boîte du compteur.

Capacité des compteurs. Pour établir les diverses capacités des compteurs réglementaires, on les a classés selon le nombre de becs qu'ils alimentent, en prenant comme consommation moyenne du bec par heure le chiffre de 120 litres pour trois becs, et de 140 litres pour tous les autres types.

On a reconnu que, pour donner des indications exactes, c'est-à-dire pour effectuer le mesurage avec autant de précision que possible, le volant d'un compteur ne doit pas faire plus de 100 révolutions par heure. On a été conduit ainsi à déterminer la capacité mesurante des volants de telle façon qu'ils suffisent pour alimenter le nombre de becs voulu, à raison de 140 litres par bec, en faisant au plus 100 tours par heure. Une rotation du volant correspond ainsi:

A	3	litres 1/2	pour un compteur de. . .	3	becs.
	7	—	— . . .	5	—
	14	—	— . . .	10	—
	28	—	— . . .	20	—
	42	—	— . . .	30	—
	56	—	— . . .	40	—
	84	—	— . . .	60	—
	112	—	— . . .	80	—
	140	—	— . . .	100	—

Le tableau ci-dessous donne les dimensions réglementaires adoptées pour la fabrication des compteurs.

Dimensions des compteurs				Volume débité par heure à la vitesse normale (100 révolutions)		Pression absorbée au débit normal		Volume de l'eau au niveau normal		Diamètre intérieur des raccords		Diamètre du branchement et tuyau de sortie	
Becs	Largeur	Hauteur	Profondr	Becs	Litres	Becs	Millimètres	Becs	Litres	Becs	Millimèt.	Becs	mètres
3	0.300	0.350	0.250	3	360	3	2.5 »	3	5	3	13.5	3 à 10	0.027
5	0.390	0.420	0.270	5	700	5	2.5 à 3	5	10½	5	20.0	10 à 20	0.034
10	0.450	0.500	0.330	10	1.400	10	3.0 à 4	10	20	10	25.0	20 à 30	0.040
20	0.520	0.610	0.400	20	2.800	20	4.0 »	20	38	20	30.0	30 à 50	0.054
30	0.600	0.690	0.470	30	4.200	30	4.0 à 5	30	65	30	37.0		
40	0.680	0.780	0.490	40	5.600	40	4 1/2 à 5	40	75	40	43.0	Distribution	
60	0.750	0.800	0.650	60	8.400	60	5.0 à 6	60	115	60	43.0	à partir	
80	0.820	0.880	0.680	80	11.200	80	6.0 à 8	80	143	80	50.0	de la sortie	
100	0.870	0.930	0.700	100	14.000	100	7.0 à 9	100	190	100	50.0	31 à 50	0.054
150	0.950	1.100	0.850	150	21.000	150	8.0 à 10	150	224	150	55.0	21 à 30	0.040
200	diamèt. =	1.050	1.150	200	28.000	200	8.0 à 10	200	450	200	80.0	11 à 20	0.034
300	—	1.150	1.350	300	42.000	300	8.0 à 10	300	650	300	100.0	6 à 10	0.027
400	—	1.250	1.400	400	56.000	400	9.0 à 10	400	800	400	125.0	2 à 5	0.021
500	—	1.360	1.500	500	70.000	500	9.0 à 10	500	1.050	500	150.0	1	0.013

Imperfections et dérangements dans la marche des compteurs. Malgré les soins qu'on apporte à la confection et à l'installation des compteurs, diverses causes accidentelles peuvent en déranger la marche. Nous allons examiner rapidement les principaux accidents qui peuvent se produire, et nous indiquerons le moyen d'y remédier.

1° *Insuffisance ou fluctuations de l'éclairage.* Le gaz n'arrive pas en quantité suffisante aux becs: il faut d'abord s'assurer s'il arrive librement, avec la pression normale, à l'entrée du compteur, s'il n'y a pas d'engorgements ni de condensations dans le tuyau de branchement. Si le gaz arrive librement et régulièrement au compteur, c'est dans l'appareil lui-même, ou après lui, qu'il faut chercher la cause du dérangement.

La cause peut être dans le compteur s'il absorbe trop de pression, dans le cas, par exemple, où le volant et le mécanisme sont encrassés et se meuvent avec une certaine difficulté. L'effet peut provenir d'un commencement d'engorgement du syphon, mais alors le gaz arrivera aux becs avec ces fluctuations qu'on appelle le *dansement du gaz.* Dans ce cas, on purgera le syphon, comme nous l'avons déjà expliqué, et le fonctionnement se rétablira aussitôt dans des conditions normales. L'oscillation des flammes peut encore résulter du compteur, lorsque la transmission de mouvement marche d'une façon irrégulière, ayant un point dur qui ralentit à un moment donné la marche du mécanisme; ou bien encore, lorsque le volant est mal équilibré, ou que les ouvertures des ailettes sont mal réglées. C'est alors un vice de construction, que le fabricant doit corriger.

2° *Suppression complète du gaz.* Le gaz arrive-t-il librement à l'entrée du compteur? S'il n'y arrive pas, le défaut est avant l'appareil, soit dans le branchement, soit dans la conduite de la rue.

S'il arrive librement à l'entrée, c'est dans le compteur que se produit l'obstruction, et alors elle peut provenir des causes suivantes: le niveau de l'eau peut s'être altéré au point d'avoir abaissé la soupape qui, reposant sur son siège, ferme le passage; il suffit de rétablir le niveau normal, en versant dans le compteur la quantité d'eau nécessaire.

Le flotteur alourdi par l'oxydation ou par encrassement peut être devenu trop pesant pour se soulever d'une quantité suffisante; ou bien l'encrassement a pu coller la soupape sur son siège. Il y a divers moyens de remédier à ce défaut: on peut d'abord élever outre mesure le niveau de l'eau, et remuer le compteur, le flotteur finira par se relever, ou la soupape se décollera; sinon, en vidant le compteur et le renversant sans dessus dessous on décollera sûrement la soupape. Si le syphon ne contient pas d'eau, et que le gaz n'y passe pas librement, l'engorgement peut provenir de matières goudronneuses, particulièrement de naphtaline. Il faut alors nettoyer le compteur avec de l'eau bouillante, de l'alcool ou de l'esprit de bois, que l'on tâchera surtout d'introduire dans le syphon.

3° *Enregistrement inexact du gaz.* L'éclairage fonctionnant régulièrement, il peut arriver que le mécanisme n'enregistre plus ou enregistre mal la dépense. En observant attentivement le tambour des litres, on verra de suite si le défaut est dans le mécanisme des cadrans, ou si c'est l'arbre vertical lui-même qui a cessé de tourner. Si le tambour des litres reste immobile tandis que le gaz s'écoule, c'est que la transmission est désengrenée, ou bien qu'il s'est établi une communication

directe de l'entrée à la sortie du compteur. Ce dernier résultat aurait alors pour cause soit la perforation de la cloison médiane qui sépare la boîte antérieure du corps cylindrique, soit la perforation de la boîte où se trouve renfermée la soupape, soit enfin la perforation du volant. Dans l'un ou l'autre cas, c'est une réparation sérieuse qu'il faut faire subir au compteur, si toutefois il peut encore être réparé.

Préservation des compteurs contre la gelée. Lorsque les compteurs sont placés dans un endroit exposé au froid, leur fonctionnement peut être arrêté l'hiver par la congélation de l'eau qu'ils renferment. Outre l'interruption de l'éclairage, il peut en résulter des dégâts sur les organes intérieurs du compteur. On prévient ces accidents en remplaçant une partie de l'eau par de la glycérine ou de l'alcool. On en met généralement un demi-litre par bec ; ainsi pour un compteur de 3 becs, on mettra 1 litre et demi, et 2 litres et demi pour celui de 5 becs.

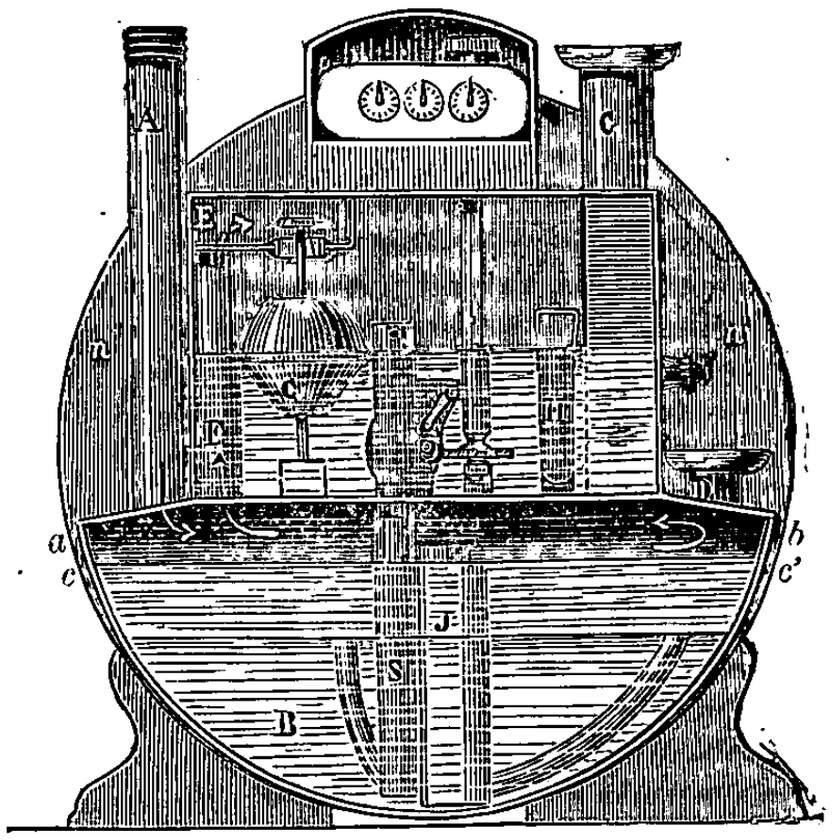
Quand on emploie la glycérine, il faut la mélanger avec l'eau dans la proportion de 35 0/0. Mais même en ayant soin d'employer de la glycérine de très bonne qualité, tout à fait neutre, on ne peut éviter les altérations du métal en contact avec elle. On ne saurait donc recommander l'emploi de ce moyen, et le mélange d'eau et d'alcool est préférable à tous égards. L'*esprit de bois* (méthylène) remplace avantageusement l'alcool. On peut encore préserver les compteurs en les entourant de matières non conductrices, telles que du feutre, de l'étoupe, des tresses de paille ou de foin. On a préconisé l'emploi d'une chemise en feutre épais, façonnée de manière à épouser exactement la forme des compteurs.

Compteurs à niveau constant. Nous avons vu de quelle importance est le maintien du niveau normal de l'eau pour assurer l'exactitude du mesurage par les compteurs. Du moment où un compteur vient d'être nivelé, il se trouve exposé à deux causes de variation du niveau, les condensations qui l'élèvent, ou l'évaporation, due au courant gazeux, qui l'abaisse. De ces deux effets, le dernier est incontestablement celui qui se produit le plus souvent et la généralité des compteurs subit un abaissement de niveau par l'entraînement des vapeurs d'eau que le gaz enlève durant son passage. On doit considérer même que l'évaporation augmente avec la température du compteur et avec le débit du gaz. On peut donc dire que la variation n'a de limite que celle de 6 0/0 correspondant à l'abaissement de niveau qui détermine l'occlusion de la soupape.

Dans une série d'expériences entreprises à Reims par M. Coze, directeur de l'usine à gaz, il a été constaté que la perte de gaz résultant du mesurage inexact par l'abaissement du niveau de l'eau, a été en moyenne de 2,56 0/0 sur les compteurs de 3 et 5 becs, et de 2 0/0 sur les autres.

Le maintien du niveau de l'eau a donné lieu à de nombreuses études pour trouver des moyens pratiques de rétablir ce niveau à mesure qu'il s'abaisse. Divers systèmes ont essayé de prendre sur l'axe du tambour une force motrice pour élever l'eau, soit par une sorte de cuiller, comme dans le *compteur-compensateur Scholefield*, soit par un tube en S, comme dans le compteur *Crosley* et *Goldsmith ;* mais ce moyen absorbe trop de pression et nuit au bon fonctionnement du compteur.

Plus tard, M. Samuel Clegg a proposé un autre système de *compteur-compensateur*, formé de cinq chambres excentriques disposées comme celles d'un tympan hydraulique, avec une chambre d'air centrale qui déplaçait une quantité d'eau égale au poids du tambour. Celui-ci, suspendu aux



Coupe suivant *a b.*

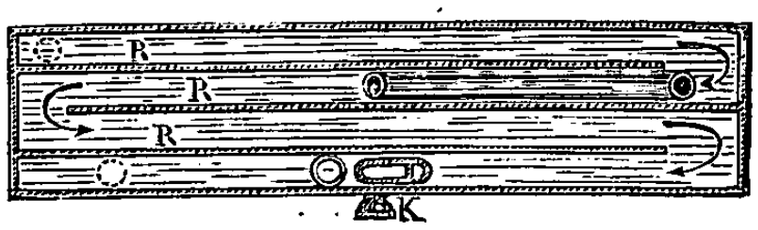


Fig. 427 et 428. — *Compteur à niveau d'eau constant.*

A Entrée du gaz. — *B* Bâche saturatrice des gaz d'arrivée, contenant les chicanes *R* et formant garde hydraulique au syphon. — *C* Introduction d'eau spéciale au compteur. — *D* Introduction d'eau spéciale à la bâche saturatrice. — *E* Boîte à soupape. — *F* Tube menant le gaz de la bâche saturatrice à la boîte à soupape. — *G* Flotteur. — *H* Régulateur servant à fixer le niveau normal *n n'*. — *I* Vis d'écoulement du niveau *n n'*. — *J* Régulateur servant à établir le niveau *c c'* dans la bâche saturatrice. — *K* Vis d'écoulement du niveau de la bâche. — *S* Syphon.

extrémités d'une sorte de balancier, peut monter ou descendre suivant les variations du niveau ; une disposition spéciale règle l'immersion du tambour pour qu'elle atteigne toujours la même hauteur et que la capacité mesurante reste ainsi toujours la même.

Aucun de ces systèmes, trop compliqués, n'est entré dans le domaine de la pratique.

Le *compteur à bâche d'évaporation*, créé par M. Rouget, sur un principe appliqué pour la première fois par l'ingénieur anglais Reid (1861), offre une solution satisfaisante de ce problème, en remédiant par un moyen très simple aux causes d'entraînement de la vapeur d'eau dans le compteur. Cet appareil, dont les fig. 427 et 428 représentent les coupes verticale et horizontale, est basé

sur l'emploi d'une bâche de saturation B, placée en dessous de la boîte antérieure du compteur. Le gaz arrive par le tuyau A, et circule dans les quatre chicanes R, R que montre en plan la figure 428. Durant ce parcours il se sature entièrement de vapeur d'eau, de sorte qu'il ne peut plus en absorber durant son passage dans le compteur: c'est pour cette raison qu'il n'a plus d'influence nuisible sur le niveau de l'eau. Un régulateur J, avec sa vis d'écoulement K, permet de régler la hauteur *cc'* de l'eau dans la bâche saturatrice. Le bouchon D duquel part un tube recourbé qui vient aboutir dans la bâche, sert à l'introduction de l'eau. Les autres organes du compteur sont analogues à ceux que nous connaissons déjà. On voit en E la boîte de la soupape, dans laquelle le gaz remonte dans le tuyau F, quand il a parcouru les chicanes de la bâche saturatrice. Le flotteur G, le syphon S, et le régulateur de niveau H avec son bouchon à vis I, n'offrent pas d'autre particularité. Ce compteur rend de réels services, surtout dans les locaux où la température activant l'évaporation de l'eau cause une dénivellation plus ou moins rapide dans les compteurs ordinaires.

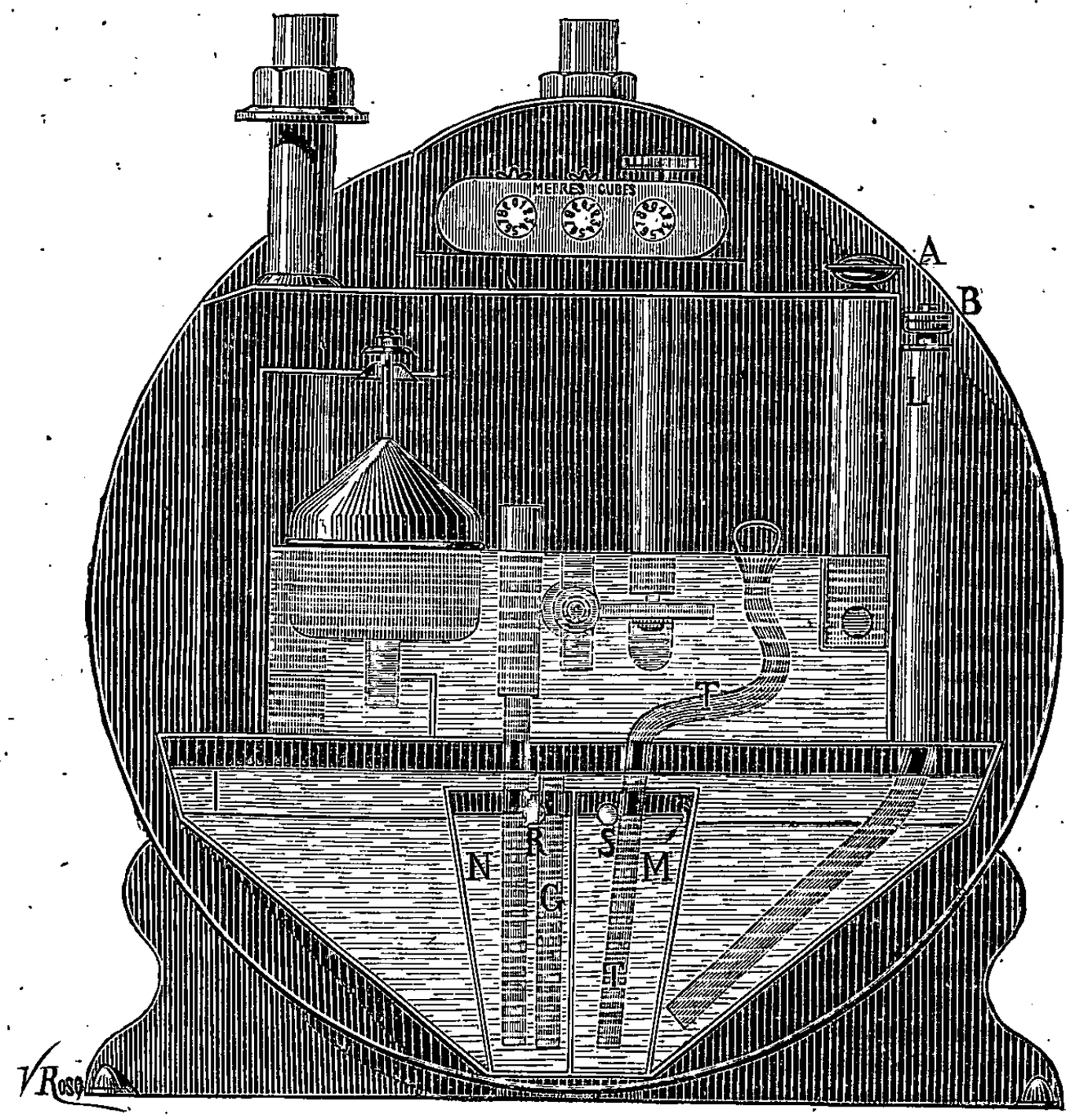


Fig. 429. — *Compteur à bâche de saturation.*

La figure 429 représente un autre type de compteur à bâche de saturation, construit par la Compagnie anonyme continentale (ancienne Société J. Brunt et C^ie^). L'arrivée du gaz se fait, comme dans le précédent, par un tuyau pénétrant d'abord dans la bâche de saturation, où des cloisons forcent le gaz à lécher la surface de l'eau en se saturant de vapeur, pour remonter ensuite dans la boîte de la soupape. Celle-ci est soulevée par un flotteur puissant, grâce auquel elle risque moins de se coller. On voit au milieu de la bâche de saturation un récipient dont le fond supérieur est un peu au-dessus du niveau ordinaire de l'eau dans la bâche. Ce récipient est divisé en deux parties distinctes par une cloison verticale. Le premier compartiment M sert à établir le niveau dans le corps cylindrique du compteur avec lequel il communique par le tuyau TT; un bouchon à vis S permet d'enlever l'eau en excédent, sans néanmoins supprimer la garde hydraulique de 0,10 centimètres dans laquelle plonge l'extrémité inférieure du tuyau T. Le second compartiment N assure la garde réglementaire du syphon et l'écoulement du trop-plein de la bâche qui sort par le tuyau G dont le bord supérieur fixe le niveau normal de l'eau. Le bouchon à vis R sert à l'évacuation de l'eau du compartiment N. On verse l'eau dans le corps du compteur par le bouchon A. Pour remplir la bâche, on introduit l'eau par la vis B dans le tuyau L jusqu'à ce

qu'elle coule par la vis R, tandis que le trop-plein du compteur descendant par le tube T vient s'écouler par la vis S. Le nivellement ne présente, comme on le voit, aucune difficulté.

Compteur à mesure invariable. La principale cause d'erreur dans le mesurage du gaz provenant de l'abaissement du niveau de l'eau, il est clair que pour s'en affranchir il faut chercher à diminuer le plus possible le contact du gaz avec l'eau dans le compartiment mesureur. Le compteur Richards en 1860, et celui de Newton, vers la même époque, avaient déjà fait faire un pas à cette importante question. Plus tard, MM. Warner et Cowau, d'Edimbourg, essayaient une autre solution en logeant dans le volant du compteur ordinaire un autre volant plus petit, disposé concentriquement sur l'axe, et occupant la moitié de la longueur du volant mesureur. Ce petit volant réduit par conséquent *à la moitié de sa valeur primitive*, l'erreur due à l'abaissement du niveau de l'eau. Mais, d'un autre côté, en ramenant dans la calotte du volant l'autre moitié du gaz mesuré en trop, qu'il prend dans le compartiment qui se vide, il produit la compensation voulue. Mais ce compteur absorbe une pression assez forte, par le frottement que le petit volant intérieur éprouve dans l'eau.

Le *compteur à mesure invariable* que MM. Siry et Lizars ont fait breveter en 1878, a résolu d'une façon complètement satisfaisante le problème depuis si longtemps cherché. Ce compteur que la figure 430 représente, vu de face, et dont la figure 431 montre le volant, réalise l'invariabilité

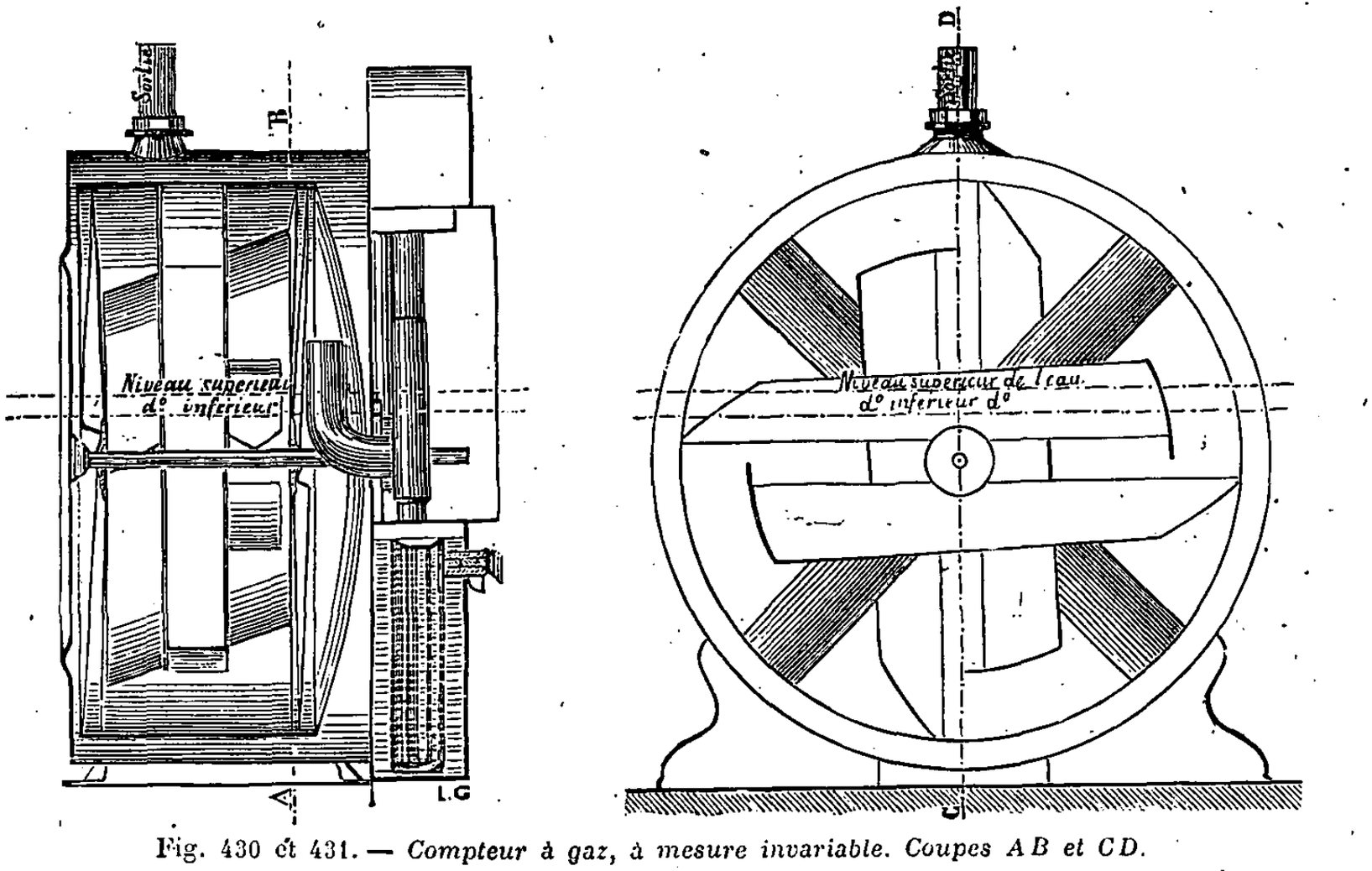


Fig. 430 et 431. — *Compteur à gaz, à mesure invariable. Coupes A B et C D.*

du mesurage, sans avoir aucun inconvénient dans sa marche. Aussi a-t-il été promptement accueilli avec faveur par les usines à gaz; la Compagnie parisienne en a adopté l'emploi et la préfecture de la Seine l'a admis au poinçonnage réglementaire.

C'est aujourd'hui l'appareil le plus perfectionné et le plus exact qui existe pour le mesurage du gaz.

Cet appareil ne présente aucune complication. Son volant, analogue à celui d'un compteur ordinaire, porte dans l'intérieur quatre canaux renversés, en forme de cuillers, parallèles deux à deux, dont deux sont fixés sur le devant du volant, et les deux autres sont sur le derrière. C'est par le jeu de ces cuillers compensatrices que se régularise la distribution du gaz. La cuiller qui tient en réserve un certain volume de gaz mesuré, pris dans un compartiment qui se vide, va le verser, par son extrémité opposée, dans le compartiment suivant qui se remplit. Si le niveau de l'eau s'abaisse, l'extrémité antérieure de la cuiller rencontrant ce niveau plus bas, emmagasine un volume de gaz proportionnellement plus grand; par conséquent aussi le volume qu'elle déversera dans le compartiment suivant sera augmenté dans la même proportion, et la compensation s'établira toujours, quelles que soient les variations du niveau de l'eau.

Pour que cette compensation soit absolue, il faut et il suffit que la section de la cuiller soit égale à la somme des surfaces sur lesquelles se produit l'abaissement du niveau dans le compartiment mesureur.

Telle est la solution simple et ingénieuse de cette importante question: en réalisant l'exactitude du mesurage, ce nouveau compteur, qui n'absorbe pas plus de pression qu'un compteur ordinaire, offre aux usines comme aux consommateurs de gaz des avantages évidents, justifiés, du reste, par la pratique. On peut dire que le compteur à gaz est réellement devenu une mesure légale,

sauvegardant aussi impartialement les intérêts de l'acheteur que ceux du producteur, avec la différence toutefois que l'exactitude dn mesurage profitera plutôt à l'usine à gaz, qu'elle met désormais à l'abri de la perte occasionnée par l'abaissement du niveau de l'eau.

Compteur-aspirateur. Dans certains cas où le gaz n'arrive pas avec une pression suffisante, on peut avoir besoin de l'amener par aspiration, pour déterminer son écoulement avec une plus forte impulsion. Les *compteurs-aspirateurs* remplissent ce but. Ils sont semblables aux compteurs ordinaires, avec la différence toutefois que l'arbre du volant traverse la paroi postérieure dans un presse-étoupes, et porte un pignon communiquant par une série de roues dentées avec un tambour de treuil fixé au-dessus du compteur. Une corde au bout de laquelle on suspend un contre-poids vient s'enrouler autour de ce tambour, et lorsque le poids moteur, comme dans un mouvement d'horlogerie, opère sa descente, le tambour est entraîné et transmet par les engrenages le mouvement de rotation au volant du compteur. Celui-ci alors aspire le gaz, qui entre par le centre de l'appareil, et le refoule par le tuyau placé latéralement. Dans sa rotation le volant fait mouvoir le mécanisme du cadran et la consommation de gaz se trouve enregistrée comme avec les compteurs ordinaires.

Compteurs secs. Il nous reste à parler maintenant des *compteurs secs*, qu'on a essayé de substituer aux compteurs hydrauliques. C'était évidemment un moyen radical de supprimer les erreurs dues aux variations du niveau de l'eau; mais on est forcé d'avoir recours à des membranes extensibles et à des fermetures métalliques qui sont loin de présenter la sécurité et la simplicité de fonctionnement du compteur hydraulique.

Le premier compteur sec a été imaginé vers 1820 par John Malam; il se composait de six paires de soufflets disposés autour d'un tube creux, le gaz était appelé et chassé successivement par un jeu compliqué de soupapes d'entrée et de sortie. Plus tard, en 1833, un ouvrier américain Bagardus, inventa un compteur sec formé de deux compartiments à parois métalliques, séparés entre eux par une cloison flexible. Ce système, importé par Edge en Angleterre, n'a pu être amené à remplir les conditions d'un bon compteur.

En Angleterre, où l'usage des compteurs secs est assez répandu, on applique généralement le principe du compteur Defries perfectionné par Croll. Ce système comprend une chambre rectangulaire divisée par une cloison verticale en deux compartiments juxtaposés. Chacun de ces compartiments est muni d'un disque métallique relié à la cloison par une couronne de cuir qui se gonfle et se resserre suivant que le compartiment s'emplit ou se vide. Le mouvement de va-et-vient des disques se transmet par un petit levier horizontal à deux tiges verticales, qui font mouvoir elles-mêmes les valves d'admission et de sortie de gaz, et qui communiquent en même temps avec le mécanisme enregistreur qu'elles actionnent.

MM. Siry et Lizars avaient fait breveter en 1849 un système de compteur sec composé, comme celui de Bogardus, de deux compartiments coniques, munis de diaphragmes mobiles, qui se gonflent et s'emplissent d'une façon analogue à celle d'un soufflet. Une valve centrale dans laquelle se trouvaient quatre ouvertures permettait l'entrée et la sortie du gaz alternativement pour chacun des deux compartiments.

La figure 432 représente un compteur sec construit sur le même principe que celui de M. Glover et de M. Croll.

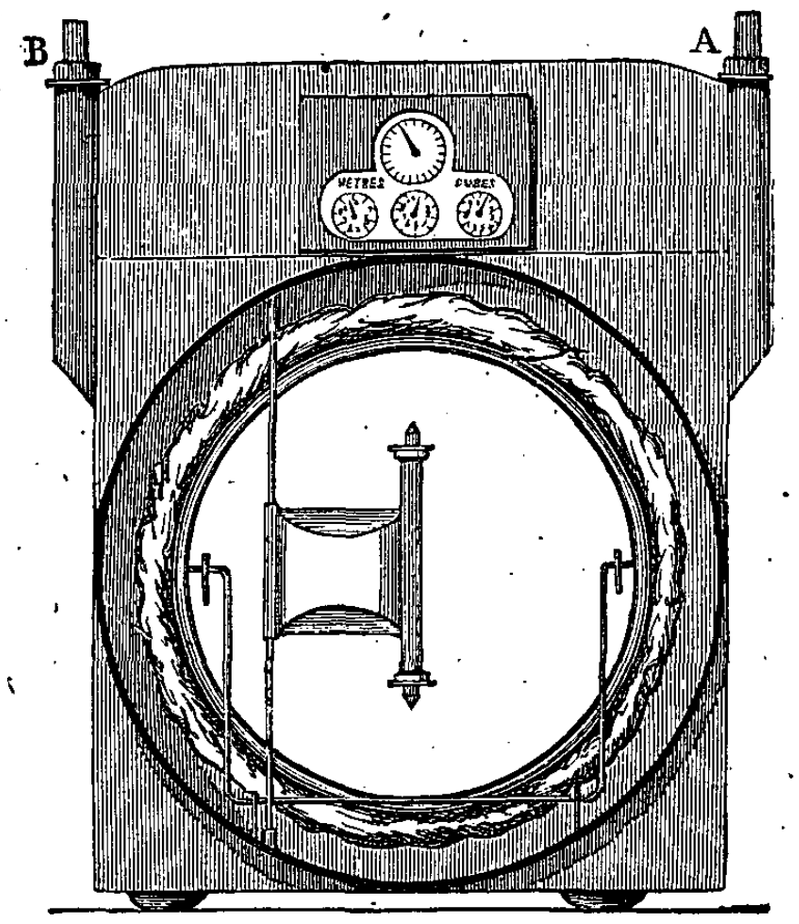


Fig. 432. — *Compteur sec.*

L'appareil n'a que deux orifices : le raccord B, qui est l'entrée du gaz, et le raccord A, qui est la sortie. La membrane est répliée autour du disque qui forme comme le fond mobile de ce soufflet cylindrique, que le gaz gonfle, et qui se dégonfle quand le gaz s'écoule.

Le compteur sec présente incontestablement des avantages qui méritent d'attirer l'attention.

Il peut se placer avec *moins de soins*, et un défaut de nivellement n'influe pas d'une manière préjudiciable sur le mesurage.

Ne contenant pas d'eau, il ne craint pas la gelée, ni les causes de dérangement et de détérioration qui en sont la conséquence. Il n'est pas sujet non plus à faire danser le gaz, ou même à l'intercepter entièrement, comme le fait le compteur hydraulique quand le flotteur s'abaisse ou quand le syphon se remplit.

Mais la construction et l'entretien d'un bon compteur sec présentent de sérieuses difficultés pour assurer et conserver, avec la continuité et l'exactitude du mesurage, la régularité de marche indispensable pour un instrument de précision.

Bien que les compteurs secs soient admis au

poinçonnage par la préfecture de la Seine, on n'en fait pas usage en France. L'élasticité des membranes est subordonnée à diverses causes d'altération; les organes métalliques pour l'entrée et la sortie du gaz sont sujets à s'encrasser, et leur fonctionnement en éprouve alors une gêne qui augmente la pression absorbée par ces appareils. En somme, on est généralement d'avis que les avantages du compteur sec ne rachètent pas ses inconvénients, et qu'ils n'en peuvent faire prévaloir l'usage.

Nous signalerons ici un petit appareil qui a été récemment imaginé pour remplir l'office d'un compteur sec, ou plutôt d'un indicateur de dépense des becs, lorsqu'on n'a pas besoin de la mesurer avec une exactitude rigoureuse. C'est l'indicateur Joslin, construit par MM. Sugg et Cie. Sa simplicité et sa commodité permettent de faire des observations, pour ainsi dire, instantanées, en lisant la dépense du brûleur sur l'échelle graduée le long de laquelle se meut le petit index qu'on voit sur le devant de l'instrument.

Le mesurage se fait au moyen d'un tube métallique, placé au centre du cylindre, portant dans toute sa hauteur une fente découpée avec un calibre parfaitement régulier.

Dans l'intérieur du tube se trouve un petit disque en métal excessivement mince, glissant avec le moins de jeu possible et pouvant se soulever par la pression du gaz. Ce disque porte le petit index mobile.

Autour du tube métallique se trouve un tube en verre qui, lui-même, est enfermé dans une monture en cuivre faisant fermeture et protection à la fois.

Si l'on fait arriver le gaz sous une certaine pression dans le tube métallique, il tendra nécessairement à s'échapper par la fente longitudinale, mais à la condition que la pression soulève le disque obturateur et le fasse monter jusqu'à un point tel que la hauteur de fente par laquelle se produit l'écoulement corresponde au débit du brûleur monté sur l'appareil. Par une graduation, qu'on obtient facilement en essayant chaque indicateur, on arrive à lui donner une exactitude suffisante pour indiquer le débit d'un bec à quelques litres près, ce qui est, dans bien des cas, une approximation dont on peut se contenter dans la pratique, quand il ne s'agit pas d'expériences rigoureuses comme celles qu'exigent les observations photométriques.

Compteur de fabrication. Le compteur de fabrication, ou *compteur d'usine*, a pour but de mesurer et d'enregistrer les quantités de gaz produit par la distillation. Il sert, par conséquent, de contrôle pour le rendement de la houille en même temps qu'ils enregistre les volumes de gaz fabriqué. Souvent aussi on ajoute au mécanisme des cadrans un organe spécial, nommé *rapporteur*, qui donne automatiquement la représentation fidèle de la marche de la production, de ses variations, de ses irrégularités. Le principe de sa construction est le même que celui du compteur d'abonné; le volant est disposé de la même façon, mais la soupape d'introduction n'existe pas, et le niveau d'eau est indiqué extérieurement par un tube en verre analogue au niveau des chaudières à vapeur.

Les dimensions de l'appareil sont nécessairement très grandes, quand il s'agit de mesurer la fabrication d'une grande usine; elles sont calculées sur la production maxima qui se fait en vingt-quatre heures, avec la condition de ne pas faire tourner le volant à plus de cent tours par heure. Quand on dépasse cette vitesse, les indications de l'appareil n'offrent plus de garanties suffisantes. Ainsi pour un compteur de 10,000 mètres cubes en vingt-quatre heures le volume utile V du volant doit être calculé de la manière suivante: 10,000 mètres cubes $= V \times 100$ tours $\times 24$ heures d'où l'on déduit $V = 4^{m3},160$. C'est la capacité mesurante qu'il convient de donner au volant.

Sous le rapport de la forme, le diamètre du volant doit être à peu près égal à sa longueur, de sorte que l'enveloppe cylindrique en fonte est à peu près aussi longue que large. Il importe que le volant offre le moins de résistance possible à son mouvement dans l'eau ; de là dépend la pression absorbée par l'appareil, et l'on conçoit qu'il y a intérêt à la réduire autant qu'on le peut. Dans les compteurs bien construits, de dimensions moyennes, elle ne dépasse pas 17 à 18 millimètres d'eau. Il a été constaté sur les compteurs de 50,000 mètres cubes construits pour l'usine à gaz de la ville de Bruxelles, une absorption de pression de 18 à 20 millimètres pour leur débit normal. Le nivellement des compteurs de fabrication a une très grande importance, puisque du maintien du niveau dépend l'exactitude du mesurage. Le tube de niveau placé sur la face antérieure du compteur est muni d'un index fixé qui règle la hauteur à laquelle l'eau doit toujours être maintenue dans l'intérieur de l'appareil.

La figure 433 représente un type de compteur d'usine vu par derrière. On voit en haut de la figure les deux tubes *m, m'*, l'un communiquant avec le niveau d'eau, l'autre avec le manomètre, qui sont placés sur la face antérieure du compteur. C'est au centre du plateau en fonte qui constitue cette face antérieure que se trouve la boîte circulaire C renfermant le mécanisme des cadrans. Une horloge superposée à cette boîte permet de noter les heures des observations et son mouvement combiné avec celui du rapporteur placé au-dessus des cadrans enregistreurs fait coïncider les indications de ce rapporteur avec les heures de marche de la fabrication. La figure 433 montre sur la face arrière du compteur, au centre, le tuyau d'entrée E par lequel le gaz pénètre dans le volant et à la partie supérieure, à gauche, le tuyau de sortie S. Comme la sortie doit pouvoir être placée d'un côté ou de l'autre, selon les positions diverses qu'on voudra donner au compteur, un second orifice T est ménagé sur le côté droit du plateau en fonte, de façon que le tuyau de sortie puisse être branché à volonté en T ou en S. Les tuyaux d'entrée et de sortie sont reliés par un tuyau de secours B qui permet, en cas de besoin, de faire

passer directement le gaz sans entrer dans le compteur. A cet effet les communications avec les tubulures E et S sont interceptées par la fermeture des valves V^1 et V^2, après avoir ouvert la valve V^3 du tuyau de secours. L'ensemble de cette disposition porte le nom de *By-pass*, expression anglaise qui correspond à l'effet du *passage direct* obtenu par la manœuvre que nous venons d'expliquer. On remarque aussi, sur le côté droit du plateau postérieur, le vase de trop-plein H par lequel l'excès d'eau s'écoule pour assurer le maintien du niveau normal.

Le rapporteur destiné à représenter graphiquement les variations de la production, consiste en un disque de papier, gradué à sa circonférence, placé sur une plaque en cuivre montée sur l'extrémité de l'arbre du volant, qui lui communique par conséquent son mouvement de rotation. L'aiguille des minutes de l'horloge disposée au-dessus du rapporteur, est munie d'un levier portant à son extrémité un crayon dont un petit ressort fait appuyer légèrement la pointe contre le disque en papier. De la combinaison de ces deux mouvements il résulte que, pendant la rotation du disque, le crayon entraîné par l'aiguille de l'horloge trace sur le papier une série de courbes successives ; et comme le mouvement de l'horloge est invariable, tandis que celui du disque varie avec la vitesse d'écoulement du gaz, il s'ensuit que les courbes tracées par le crayon ont un écartement

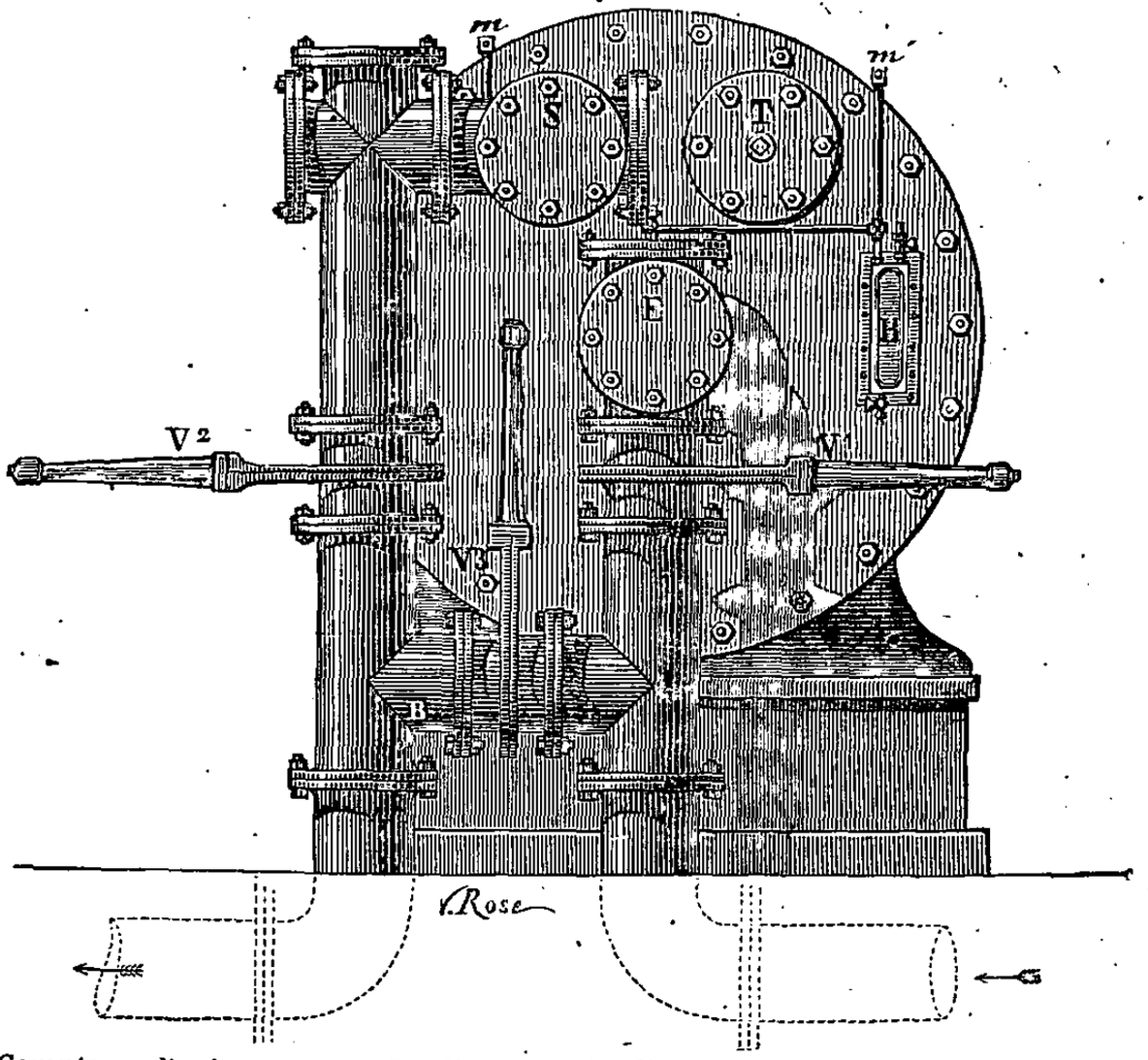


Fig. 433. — *Compteur d'usine vu par derrière avec la disposition des trois valves formant le by-pass.*

proportionnel à cette vitesse. On conçoit donc que si le disque est divisé en sections correspondantes à celles du cadran de l'horloge, le tracé des courbes dans ces divisions successives sera l'image exacte de la marche de la fabrication, heure par heure, et en indiquera infailliblement toutes les variations.

Nous sortirions de notre cadre si nous voulions décrire dans tous leurs détails les modifications que les divers constructeurs ont apportées aux organes du compteur d'usine. Tel qu'il est aujourd'hui, cet appareil est aussi parfait que possible, et il rend de très grands services aux producteurs de gaz en leur donnant le moyen de contrôler le rendement et par suite la qualité du charbon, la marche plus ou moins régulière de la fabrication, et enfin l'état des canalisations, par la comparaison des quantités de gaz produites et des quantités consommées dans un temps déterminé. Toutefois le mesurage est sujet à une cause d'erreur, lorsque le gaz est mesuré à une température qui excède celle à laquelle il est livré à la consommation. C'est ce qui arrive, notamment, lorsque le compteur est trop près des fours, que le refroidissement du gaz est imparfait, que le local où l'appareil est placé se trouve à une température plus ou moins élevée par rapport à celle des conduites souterraines.

Le gaz se dilate effectivement par la chaleur, et chaque augmentation de 1° détermine une augmentation de 0,00367 du volume primitif. La correction de cette cause d'erreur est facile par le calcul suivant, en admettant qu'on ait relevé avec un thermomètre la température T du gaz à l'entrée du compteur. Soit t la température des conduites souterraines. Pour la température $T-t$ le volume s'accroîtra dans la proportion de

$$(T-t)\ 0{,}00367$$

et si l'on prend pour température moyenne t des conduites souterraines le chiffre de 12°, l'augmentation du volume réel V élevé de la température

de 12° à la température T, c'est-à-dire l'erreur de mesurage résultant de cette différence de température, sera représentée par la valeur

$$V \times (T - 12)\, 0{,}00367$$

L'erreur est de 1 0/0 pour une augmentation de 2°7 au dessus de la température moyenne du sol.

Compteur d'expériences. Quand on a besoin de faire des expériences, pour déterminer, par exemple, la consommation des brûleurs, et pour faire des observations photométriques, ou bien encore pour vérifier l'exactitude de compteurs ordinaires, on emploie des appareils construits avec une grande précision, dont le mouvement des cadrans est disposé de manière à indiquer *pendant une minute* la consommation d'une heure. On comprend quelle commodité cette disposition présente pour les expériences. La figure 434 représente un compteur de ce genre. Au-dessus du compteur on place généralement une rampe portant un manomètre et deux porte-becs pour placer les brûleurs à essayer. Une vis micrométrique permet de graduer à volonté avec une grande précision l'écoulement du gaz. Un compte-secondes, indépendant du compteur, se met en avant de la rampe, sur un petit support soudé à cet effet sur le sommet de l'enveloppe ; un embrayage latéral permet de le mettre en marche au moment précis où commence l'expérience et de l'arrêter au moment où elle finit. On fait ainsi coïncider sans peine la lecture des indications sur le cadran du compteur avec la durée qu'on veut assigner à l'observation. — G. J.

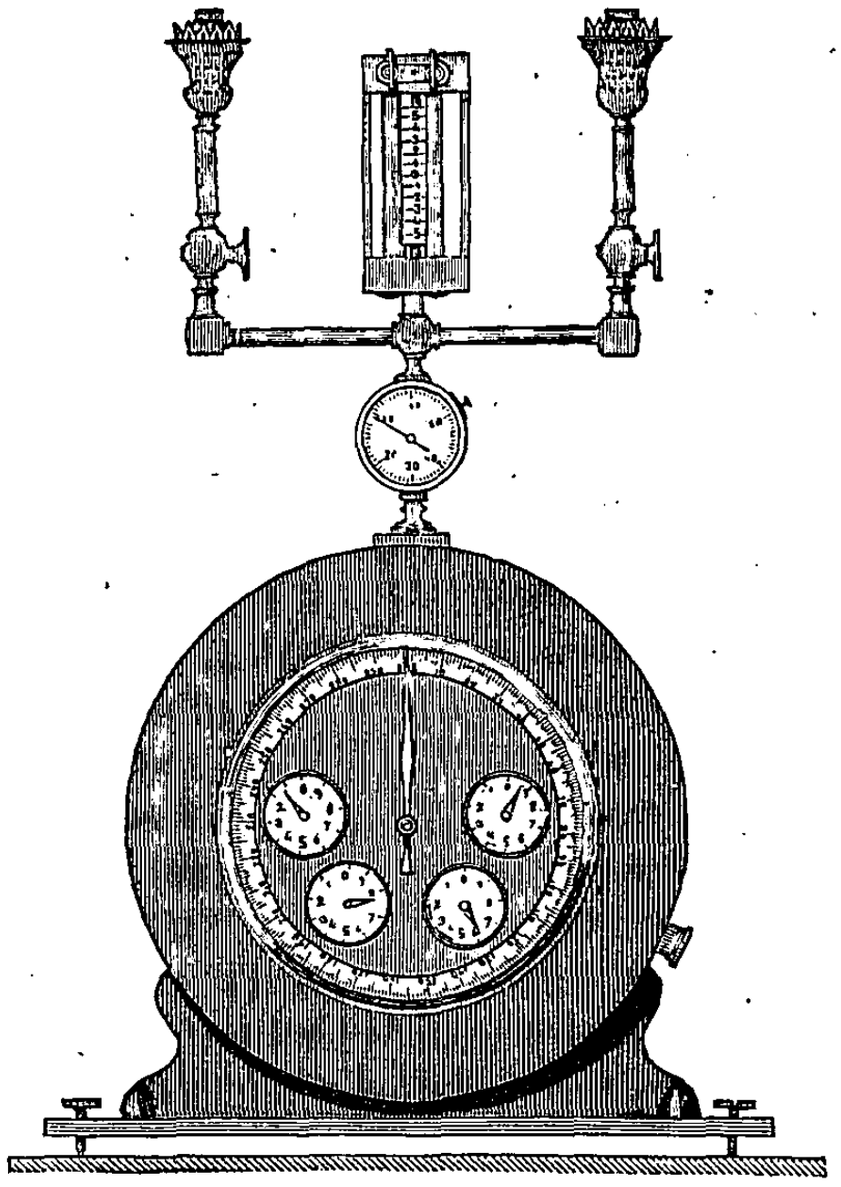


Fig. 434. — *Compteur d'expériences avec rampe d'essai et compte-secondes.*

*** COMPTEUR-BALANCE.** Le but de ce compteur est de déterminer rapidement le nombre d'objets, tous semblables ou de même poids, qui composent une livraison de vendeur à acheteur et mieux encore d'ouvrier à fabricant. Ce compteur se compose de trois parties distinctes : 1° un fléau divisé en trois parties, une partie divisée, une partie lisse et une boule de tare ; 2° un petit plateau curseur sur la partie divisée du fléau et un contre-poids glissant sur la partie lisse ; 3° un grand plateau dont le poids est équilibré par la boule de tare. Le petit plateau curseur glisse sur la partie divisée du fléau et actionne au moyen d'engrenages et d'une chaîne de Vaucanson un contre-poids mobile qui glisse en sens inverse sur la partie lisse du fléau ; de cette manière le fléau conserve toujours une position horizontale lorsque le compteur-balance n'est pas chargé, quelle que soit la division sur laquelle est arrêtée le plateau curseur (fig. 435).

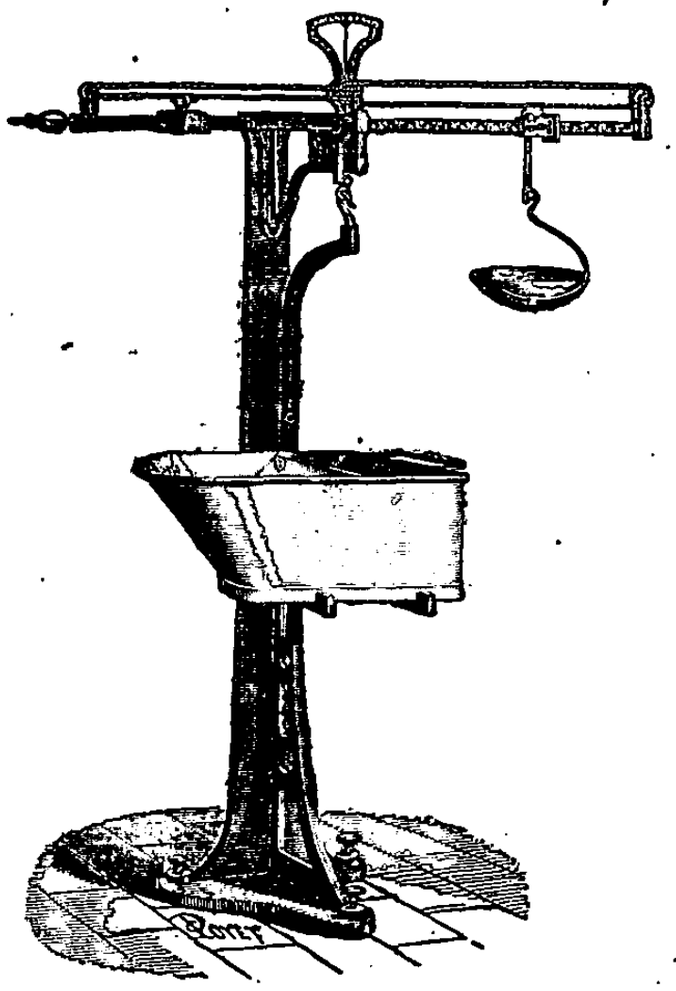


Fig. 435. — *Compteur-balance.*

Le mode de fonctionnement de l'appareil est des plus simples : soit une certaine quantité de vis à compter ; on en prend un cent que l'on met dans le plateau curseur, on verse la totalité dans le grand plateau, on fait glisser le plateau curseur jusqu'à parfait équilibre du fléau ; s'il s'est arrêté sur la division 48, par exemple, cela indique qu'il y a 48 fois 100 vis, ou 4.800.

Prenons un autre exemple, comme il y a beaucoup d'articles dans le commerce qui ne se comptent pas au 100, mais à la grosse, au lieu de 100 vis on en mettra une grosse ou 144 dans le plateau curseur et l'équilibre n'aura plus lieu à la division 48 mais à la division 34 ; on a donc ainsi 34 grosses.

Le compteur-balance, imaginé par M. Vincent, est utilisé surtout pour compter les boutons, agrafes, épingles, aiguilles, dés à coudre, boucles, vis, etc.

***COMPTEUR DE TOURS.** On désigne sous le nom de *compteur de tours*, des appareils destinés à déterminer et enregistrer le nombre de tours que fait l'arbre d'une machine dans un temps donné. Quand on veut, par exemple, connaître la puissance d'une machine à vapeur, et, à cet effet, se rendre compte de la vitesse du piston, la détermination exacte du nombre de tours par minute est nécessaire. On peut, il est vrai, l'obtenir dans bien des cas en traçant sur la manivelle ou sur la poulie motrice un repère quelconque, et comptant avec une montre à secondes le nombre de révolutions effectuées.

Mais quand il s'agit de mesurer des vitesses considérables, non plus celle d'un moteur qui a toujours une marche plus ou moins modérée, mais celle de certaines pièces mécaniques qui tournent à des vitesses de 1,000, 1,500, 1,800 tours par minute, on conçoit que l'œil ne peut plus suivre des mouvements si rapides, et il n'y a que des moyens mécaniques qui permettent de compter et d'enregistrer un pareil nombre de tours.

L'un des premiers compteurs qui ait été appliqué à la détermination de la vitesse de rotation des machines est celui de P. Garnier. Il se compose de six roues portant des cadrans circonférentiels sur lesquels sont inscrits les dix premiers chiffres, de 1 à 10. Chaque chiffre vient successivement devant chacune des six fenêtres ménagées dans la plaque supérieure de la boîte rectangulaire qui renferme le mécanisme de l'instrument. La première roue représente les unités, la seconde les dizaines, et ainsi de suite jusqu'à la sixième qui représente les centaines de mille. Un petit levier faisant saillie hors de la boîte constitue l'organe de transmission du mouvement; il est relié à l'arbre, dont on veut connaître la vitesse, par une jonction qui lui communique à chaque tour une double oscillation en vertu de laquelle il actionne un rochet qui met en jeu la première roue. Celle-ci, quand elle a accompli dix tours, fait jouer un rochet qui fait marcher d'une dent la roue des dizaines; celle des dizaines agit pareillement à son tour sur celle des centaines, et ainsi de suite.

Le compteur double de Martin, et d'autres instruments analogues, sont également employés pour le même usage. Mais pour mesurer des vitesses considérables on emploie de préférence les *compteurs à pointe* ou *vélocimètres*. Ils se composent d'un axe terminé par une pointe triangulaire en acier très fortement trempé, qu'on appuie dans le point de centre de l'arbre dont on veut mesurer la vitesse, en tenant l'appareil par la poignée en bois et exerçant à la main une pression assez énergique pour que la pointe d'acier soit entraînée par le mouvement de rotation de l'arbre, et qu'elle opère ainsi le même nombre de tours que cet arbre. L'axe à l'extrémité duquel est placée la pointe d'acier, porte une vis sans fin engrenant avec une roue de 100 dents; sur l'axe de cette roue est monté un pignon de 10 dents qui met en mouvement une seconde roue de 100 dents. Les divisions marquées sur les roues permettent de lire le nombre de tours correspondant au passage de ces divisions devant les repères placés en face du zéro des cadrans, lorsque ceux-ci sont placés à leur point de départ.

Cet appareil, d'une grande simplicité, est d'un usage extrêmement facile. Il est accompagné de divers accessoires, renfermés avec lui dans une élégante pochette très portative : 1° une petite roue, moletée intérieurement, qui se place à l'extrémité de l'axe, au lieu de la pointe d'acier, quand on a affaire à un arbre terminé lui-même par une pointe; 2° un disque de 100 millimètres de circonférence, qui permet d'évaluer la vitesse en mètres à la surface d'une poulie, d'une courroie ou d'une pièce quelconque animée d'un mouvement circulaire ou rectiligne. L'appareil est disposé de façon qu'après chaque expérience on ramène à volonté les cadrans à zéro.

Un autre compteur du même genre, mais plus complet encore, est le vélocimètre perfectionné de M. Deschiens; il est muni d'un compte-secondes dont l'échappement ne part qu'au moment précis où la pointe d'acier est entraînée par le mouvement de rotation de l'arbre dont on veut déterminer la vitesse de rotation; et, aussitôt qu'on cesse d'appuyer la pointe contre l'arbre le compte-secondes s'arrête instantanément. Cette disposition permet parconséquent de lire simultanément sur l'instrument le nombre de tours et le nombre de secondes correspondant. Avec ce genre de compteurs il faut apporter à l'observation une attention sérieuse pour ne pas commettre d'erreurs de lecture, et il est bon de répéter les expériences, pour contrôler les résultats, et s'assurer ainsi de l'exactitude absolue des nombres ainsi déterminés. On a cherché à supprimer toute cause d'erreur, en imaginant des instruments qui enregistrent le nombre obtenu et qui en permettent la lecture immédiate. Ces dispositions ont généralement pour principe le mouvement d'une aiguille sur un cadran gradué en nombre de tours.

Certains systèmes sont basés sur l'emploi de la force centrifuge; tels sont les compteurs Madamet, Ashler, le *gyrographe* de MM. Joublin et Vivant, le *tachymètre*, etc.

D'autres inventeurs ont eu recours à l'électricité au moyen de transmission par des contacts qui établissent la communication électrique à chaque tour de l'arbre ou de la pièce dont on veut mesurer la vitesse. D'autres ont adopté comme principe de leurs appareils la comparaison du mouvement régulier d'une aiguille battant les secondes avec les mouvements de la machine; c'est sur ce principe que sont établis les compteurs de M. Jacquemier et de M. Valessie. Ce dernier appareil est un compteur différentiel, dont l'usage est assez répandu dans la marine, pour mesurer la vitesse des machines motrices. L'observation du compteur, appliqué à la machine d'un navire, permet d'apprécier et de régler comme on veut son allure, de connaître à quelle vitesse on marche, et de savoir si on doit l'augmenter ou la diminuer. Dans les mouvements d'une escadre, par exemple, ces observations sont nécessaires, quand on veut se rendre compte de la vitesse qu'on doit imprimer à un navire pour

combiner ses évolutions avec celles d'un autre bâtiment, ou quand on a besoin de savoir en combien de temps on pourra parcourir une distance donnée.

Nous ne croyons pas devoir entrer dans plus de détails sur ces appareils, dont la description technique nous entraînerait trop loin. Nous avons voulu surtout signaler l'intérêt qu'ils présentent et les services qu'ils rendent dans les cas spéciaux où l'on en fait usage.

* **COMPTEUR DE VOITURES.** Nous désignerons, sous cette dénomination, des appareils qui remplissent deux buts tout à fait différents : 1° ceux qui ont pour objet de mesurer la distance parcourue, d'après le nombre de tours effectués par les roues du véhicule; 2° ceux qui ont pour but de compter le nombre de voyageurs prenant successivement place dans la voiture. La première catégorie d'appareils a été le sujet de nombreuses recherches qui, jusqu'à présent du moins, n'ont encore abouti à aucun résultat pratique. Il y aurait intérêt peut-être, dans les grandes villes, à tarifer les voitures de place, par exemple, d'après la longueur du chemin parcouru, au lieu du tarif à l'heure et à la course actuellement adopté. Mais il faudrait pour cela pouvoir être absolument certain que l'appareil marque exactement la distance, sans causes d'erreurs ni de dérangements quelconques. Or, jusqu'à présent, sans doute, les inventeurs ont échoué contre les difficultés d'un problème aussi complexe, et les entreprises de voitures publiques ont reculé devant les dépenses qu'entraîneraient des appareils dont l'installation serait coûteuse et dont le fonctionnement serait plus ou moins incertain.

Compteur-contrôleur. Les *compteurs-contrôleurs*, au contraire, c'est-à-dire les appareils destinés à enregistrer le nombre de personnes qui prennent place dans les voitures publiques, sont adoptés généralement par les Compagnies d'omnibus et de tramways, auxquelles ils rendent chaque jour d'importants services, en assurant un contrôle permanent et sûr du mouvement des voyageurs entrés dans chaque voiture.

Les personnes qui voyagent en omnibus ou en tramway, à Paris, ont toutes remarqué le compteur de forme rectangulaire, placé à côté de l'entrée de la voiture, à portée de la main du conducteur. Celui-ci, en agissant sur un bouton de manœuvre, met en jeu le mécanisme intérieur qui fait apparaître au guichet découpé dans la plaque antérieure de la boîte les chiffres dont l'addition successive indique le nombre de voyageurs entrés. Pour contrôler le fonctionnement du mécanisme intérieur, un timbre résonne sous le choc d'un petit marteau qui le frappe à chaque chiffre nouveau qui passe devant le guichet; de sorte que le passage d'un chiffre ne peut se faire sans que le timbre sonne et *vice versâ*. Chaque cadran destiné, l'un aux voyageurs d'intérieur, l'autre aux voyageurs d'impériale, fonctionne isolément, par son bouton de manœuvre correspondant.

Des appareils contrôleurs de différents genres peuvent être annexés au compteur. C'est ainsi que M. Béatry a disposé un *contrôleur à disques circulaires*, qui sert à la vérification des feuilles de contrôle, et qui rend ainsi toute fraude impossible. Il a également imaginé un *contrôleur-totalisateur secret* qui permet de connaître chaque soir le nombre de voyageurs transportés dans une journée, bien qu'à chaque voyage le cadran visible du compteur ait été remis à zéro.

Indépendamment de ces appareils. il existe divers autres genres de *compteurs-contrôleurs* s'appliquant à contrôler les entrées dans les établissements publics, les expositions, les musées.

D'autres sont destinés à compter le tirage des feuilles, dans les imprimeries; ils peuvent s'adapter à toutes les presses typographiques et ils enregistrent, au moyen d'aiguilles se mouvant sur des cadrans, le nombre de feuilles tirées par la presse. — G. J.

* **COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ.** Appareils destinés à évaluer la quantité de travail ou d'énergie dépensée dans un circuit. Ces appareils sont surtout applicables dans le cas où une usine centrale est appelée à fournir le courant à plusieurs abonnés, la mesure de l'énergie dépensée par chacun devenant alors très importante.

Pour faire cette mesure, on a proposé diverses solutions : celle de M. Edison, indiquée aussi par M. Sprague, est basée sur l'emploi d'un voltamètre disposé dans une dérivation greffée sur le circuit de l'abonné. Le voltamètre a été employé par lui sous deux formes : l'une fort simple, mais qui exige des opérations de pesage quand on veut estimer la quantité d'électricité dépensée; l'autre, plus compliquée, qui effectue automatiquement ces opérations et qui fournit directement les indications sur un cadran compteur.

Nous ne décrivons que la première forme, qui nous semble seule susceptible d'être employée dans la pratique. L'appareil se compose de deux voltamètres à sulfate de cuivre, hermétiquement bouchés et placés dans deux compartiments différents. Les électrodes de chaque voltamètre sont très près l'une de l'autre, sans se toucher, et sont placées à une distance suffisante pour que le dépôt de cuivre qui doit se faire sur l'une d'elles n'envahisse pas l'intervalle. Ces lames sont mises en rapport avec le circuit, mais par l'intermédiaire d'une dérivation dont on combine la résistance, au moyen de bobines, de manière à avoir une intensité assez minime par rapport à celle du courant total; généralement, elle en est le centième. Ordinairement, l'un de ces voltamètres reste à la disposition de l'abonné, l'autre est tenu enfermé pour servir à la vérification des comptes. Le courant principal passe par un large conducteur, replié en zig-zags, qui se trouve au-dessous des voltamètres. Enfin, au-dessous de ce conducteur est un dispositif qui a pour but d'empêcher, en hiver, la congélation du liquide des voltamètres. Une lame horizontale, formée de deux métaux, constitue un thermomètre métallique et vient, quand la température s'abaisse trop, faire contact avec une lampe Edison disposée horizontalement. Celle-ci se trouve alors mise en dériva-

tion sur le circuit principal ; elle entre en fonctionnement et le peu de chaleur qu'elle produit suffit pour empêcher la congélation.

Le mode d'usage de l'appareil est très simple. Quand le courant passe dans le circuit principal, une partie se dérive dans les voltamètres et y produit un dépôt de cuivre proportionnel à l'intensité du courant et au temps pendant lequel il a traversé le circuit. Connaissant le rapport entre l'intensité du courant dans la dérivation et l'intensité dans le circuit principal ; il est facile de déduire cette dernière de la quantité de cuivre déposé. On n'a donc, pour cela, qu'à peser les électrodes. Mais le compteur voltamétrique a un grave inconvénient, c'est qu'il fait connaître seulement l'intensité I du courant et cette intensité n'est pas proportionnelle à la quantité de travail ou d'énergie développée dans le circuit. La quantité d'énergie a, en effet, pour expressiou Q=EI, E désignant la différence de potentiel des deux points entre lesquels est situé l'appareil qui sert à utiliser le courant ; la détermination de l'intensité ne suffira donc que dans les cas où E restera constante.

M. Marcel Deprez, en 1880, a résolu le problème d'une façon plus générale. Désignons, dit-il, par AB la portion de circuit mise à la disposition d'un abonné, par E la différence de potentiel de A et B ; réunissons ces points par deux fils, l'un, à très faible résistance et sur le trajet duquel se trouve l'appareil à utiliser le courant ; l'autre, à très grande résistance. Soit I l'intensité du courant dans le circuit utile, I' et R' l'intensité et la résistance correspondant au fil très résistant. Nous aurons, en vertu de la loi de Ohm :

$$I' = \frac{E}{R'} \quad \text{d'où} \quad E = R'I'$$

On en déduit, pour la quantité d'énergie qui passe dans le circuit principal :

$$Q = R'I'I$$

Si le courant n'est pas constant, par suite des résistances variables qu'on lui fait traverser ou des forces électro-motrices négatives développées par l'appareil même qui utilise le courant, la quantité d'énergie qu'il développe pendant le temps dt aura pour expression :

$$R'I'I\,dt$$

et par suite, pendant le temps t

$$\int R'I'I\,dt$$

La question du mesureur d'énergie est donc ramenée à la construction d'un instrument donnant à chaque instant la valeur de l'intégrale

$$\int I'I\,dt.$$

ou, en d'autres termes, la mesure de l'énergie développée dans un circuit électrique est ramenée à l'évaluation du produit II' des intensités des deux courants passant, l'un dans un appareil quelconque, moteur, lampe ou cuve à électrolyse, l'autre dans un fil très long et très résistant.

L'appareil à l'aide duquel M. Marcel Deprez évalue ce produit est une sorte d'*électrodynamomètre*. La bobine mobile AA comprend le gros fil, la bobine fixe BB, dans laquelle se meut la première, est enroulée avec le fil très résistant. Deux arcs mobiles dans de petites cuves de mercure amènent le courant dans la bobine A. Les cuves sont reliées aux bornes de l'appareil auxquelles arrive également le circuit principal et les extrémités du fil fin. Le courant se bifurque donc entre les deux circuits AA, BB, et d'après les lois de l'électrodynamique, l'action qu'ils exercent l'un sur l'autre est proportionnelle au produit II' des intensités des courants qui les traversent. Par suite, le couple qui tend à faire tourner AA est aussi proportionnel à II' et se trouve représenté par une expression de la forme $II'f(\alpha)$, α étant l'angle de déviation de EC. On a donc l'*équation d'équilibre* $II'f(\alpha)=C\sin\alpha$, dans laquelle $f\alpha$ dépend des dimensions et de la construction de l'appareil, mais non du produit II' et

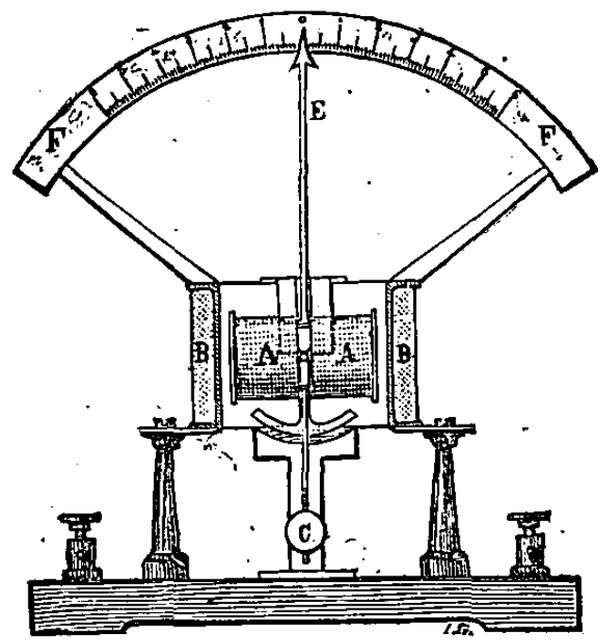


Fig. 436. — *Compteur d'électricité.*

C est une constante. La déviation permet donc de déterminer II' et l'appareil peut être gradué de façon que la lecture en donne directement le volume (fig. 436).

M. Deprez a indiqué, en outre, différentes dispositions permettant de totaliser les indications de l'appareil.

On a proposé encore quelques autres appareils ayant pour but de mesurer, d'une part, l'intensité du courant de travail ; d'autre part, la différence de potentiel à ses extrémités et, par conséquent, de faire le produit EI, mais ceux de ces appareils qui ne rentrent pas dans le dispositif de M. Deprez et n'en sont, par suite, que des modifications, sont en général beaucoup trop compliqués.

Nous signalerons, en terminant, un compteur d'électricité dû à MM. Hours-Humbert et Brancion de Liman et applicable au cas où un certain nombre d'appareils, des lampes particulièrement, fonctionnent toujours à la même intensité et sous la même différence de potentiel. Dans ce cas, il suffit de compter le temps pendant lequel chacune d'elles fonctionne. L'appareil comprend d'abord un cylindre mû par un mouvement d'horlogerie et qui, par l'intermédiaire d'une roue folle, met en mouvement un mécanisme compteur à aiguilles ; le cylindre est composé d'autant de

roues dentées qu'il y a de lampes, et ces roues ont un nombre de dents de plus en plus grand : une dent pour la première, deux pour la seconde... vingt pour la vingtième. Quand, à l'aide de la *clef commutateur*, on a introduit une lampe dans le circuit, la roue folle se trouve sur la première roue ; quand on a allumé deux lampes, par suite du mouvement d'une autre roue, commandée par la clef, elle est sur la deuxième roue du cylindre et ainsi de suite, de sorte que quand toutes les lampes sont allumées, elle est sur la vingtième roue. Pour chaque tour du cylindre, la roue folle tourne donc d'une quantité proportionnelle au nombre de lampes allumées et, par suite, les aiguilles du compteur se déplacent proportionnellement à ce nombre de lampes et le temps qu'elles marquent indique le temps total de fonctionnement des appareils. — A. G.

Compteurs électro-chronométriques. Nom donné, en horlogerie, aux cadrans récepteurs auxquels l'heure est distribuée par un appareil central. — V. HORLOGERIE ÉLECTRIQUE.

Compteurs électriques. Appareils compteurs dans lesquels on emploie une action électrique pour actionner un mécanisme compteur. Dans ces appareils, chacun des mouvements qu'il s'agit de compter ferme un circuit électrique et agit sur un électro-aimant. Le mouvement de l'armature de ce dernier fait avancer d'une dent la première roue d'un compteur mécanique ordinaire. Nous citerons, comme exemple de ce genre de compteurs, celui employé à l'Opéra de Francfort pour compter les tours de l'axe du ventilateur. Cet axe porte une came qui, à chaque tour, produit le contact de deux ressorts et ferme ainsi le courant destiné à agir sur l'électro du compteur. Le même principe peut, on le voit, être appliqué dans un grand nombre de cas. — A. G.

* **COMPTEUSE.** *T. de mét.* Ouvrière qui, dans les papeteries, réunit en mains les feuilles de papier.

* **CONCASSAGE.** *T. techn.* Opération qui consiste à diviser des matières dures ; lorsque le concassage est poussé jusqu'au broyage fin, on se sert du mot *concassement*. *Concassage* est souvent, à tort selon nous, employé pour *broyage* : les deux opérations sont différentes. On concasse des masses volumineuses que l'on réduit à l'état de morceaux divisés, lesquels sont ensuite soumis au broyage. En attendant que nos lexicographes autorisés aient arrêté une définition académique, nous devons reconnaître que l'usage a consacré l'emploi des deux mots pour des opérations ayant le même but ; par extension, on confond aussi les *broyeurs* et les *concasseurs*. Nous ne pouvons énumérer toutes les applications du concassage ; le lecteur trouvera les plus importantes aux industries qui doivent y recourir ainsi que les machines et les appareils dont elles se servent. Nous ne retenons ici que le *concassage des graines*.

Concassage des graines. Pour produire leur maximum d'effet, tous les aliments solides, tels que les graines, doivent être brisés, broyés et même moulus naturellement par les dents des animaux, et l'assimilation sera d'autant plus complète que ce travail préparatoire aura été plus parfait. Mais l'âge, un système dentaire plus ou moins défectueux, ne permettent pas à tous les animaux d'opérer ce broyage des graines d'une façon suffisante. Pour rendre plus facile la mastication, on construit des appareils qui, suivant leur genre, font subir mécaniquement aux graines une division plus ou moins grande.

Ces appareils opèrent de plusieurs façons.

1° *Par pression simple ou normale :* c'est ce que nous appellerons l'*aplatissement*. La pression peut être limitée à ce qui est strictement nécessaire pour *ouvrir* la graine ou faire éclater les enveloppes de l'amande sans rompre celle-ci. Les instruments qui effectuent cette opération sont des *aplatisseurs :* on les emploie surtout pour l'avoine destinée à l'alimentation des chevaux, pour préparer la pression des graines oléagineuses et pour le froment afin d'en faciliter la mouture. Si la compression normale est poussée assez loin pour briser l'amande de la graine, l'aplatisseur agit comme broyeur et peut à la rigueur donner de la farine ; mais en dépassant ainsi le but de l'aplatisseur, on fait, à tous les points de vue, un mauvais travail.

2° *Par pression composée ou oblique*. Pendant que la pression agit, la surface, sur laquelle s'appuie la graine, se meut plus ou moins vite, ou les deux surfaces, entre lesquelles la graine est comprimée, se meuvent avec des vitesses différentes de même sens. Dans les deux cas, la pression normale est accompagnée d'une réaction tangentielle qui tend à décortiquer la graine et à faire glisser l'une sur l'autre les diverses granulations qui composent l'amande ; la graine est broyée comme par un pilon qui frotte au fond d'un mortier en tombant verticalement sur une surface courbe. Les instruments agissant ainsi sont des *broyeurs* : ils peuvent broyer assez pour donner de la farine.

3° *Par cassage*. Pendant que la graine est lentement entraînée par des saillies ou pendant qu'elle tombe sur un plan incliné fixe, elle reçoit le choc d'arêtes tranchantes qui la *cassent*. Les instruments agissant ainsi sont des *concasseurs*. Les saillies coupantes peuvent être planes et peu nombreuses, normales ou obliques ; elles peuvent être très fines et nombreuses, à arêtes normales ou obliques ou dentelées, etc. Le concassage peut être ainsi très grossier, moyen, ou fin ; on peut même aller jusqu'à la réduction en une espèce de farine différente de celle que donne le broyage, ou la mouture.

(*a*) *Aplatisseur*. La partie travaillante d'un aplatisseur se compose le plus ordinairement d'un cylindre en fonte à jante polie, de grand diamètre, A, mû directement, dans ses coussinets fixes, par une manivelle ou par une courroie venant d'un moteur. Ce grand cylindre conduit, par adhérence, un cylindre plus petit B poussé contre le premier par un ressort C agissant sur les coussinets D logés dans une glissière (fig. 437). Au repos, chacun de ces cylindres est en équilibre sous l'action de la pression horizontale du ressort

et de la réaction du coussinet, égale et opposée au poids même du cylindre, d'une part, et, de l'autre, du poids du cylindre et de l'action qu'il reçoit de son voisin. Dès que la force motrice fait tourner le grand cylindre d'un mouvement uniforme, la réaction centripète S du coussinet fait naître un frottement fS en sens contraire du mouvement. Il en est de même pour le petit cylindre, soumis à la réaction centripète S' et au frottement fS'. A la jante, les actions réciproques des cylindres compriment la graine qui, distribuée par une trémie, est entraînée dans le mouvement des cylindres, puis abandonnée par eux dès qu'elle a passé au-dessous de la ligne des axes de rotation. Il est facile de voir que S et S' diffèrent assez peu de la pression du ressort ordinairement très grande, par rapport aux poids des cylindres. De sorte que le frottement à la surface des tourillons est sensiblement égal à fP pour chacun des tourillons. La force motrice F ayant un bras de levier L et les tourillons ayant un même rayon r, on a approximativement pour l'équilibre au point de vue du travail pendant un tour du grand cylindre :

$$F \times 2\pi L = fP \times 2\pi r\left[1+\frac{R}{R'}\right] \ldots\ldots (1).$$

Le travail nécessaire pour chaque tour croît donc lorsque le rapport $\frac{R}{R'}$ entre les rayons des cylindres augmente. Pour un rayon donné du grand cylindre, le travail moteur devra être d'autant plus grand que le petit cylindre sera plus petit. La quantité de graine qui passe par tour de cylindre est proportionnelle à la circonférence du grand cylindre. Le travail utile est donc égal à 2πRP. Et par suite, le rendement ou effet utile est égal à $\frac{2\pi RP \times R'}{2\pi r f P(R'+R)}$ ou à $\frac{R.R'}{fr.(R+R')}$. L'effet utile sera enfin représenté par $\frac{1}{f}\times\frac{R}{r}+\frac{n}{1+n}$ si n représente le rapport du rayon du petit cylindre à celui du grand ou $\frac{R'}{R}$; en admettant que n est toujours au-dessous de l'unité.

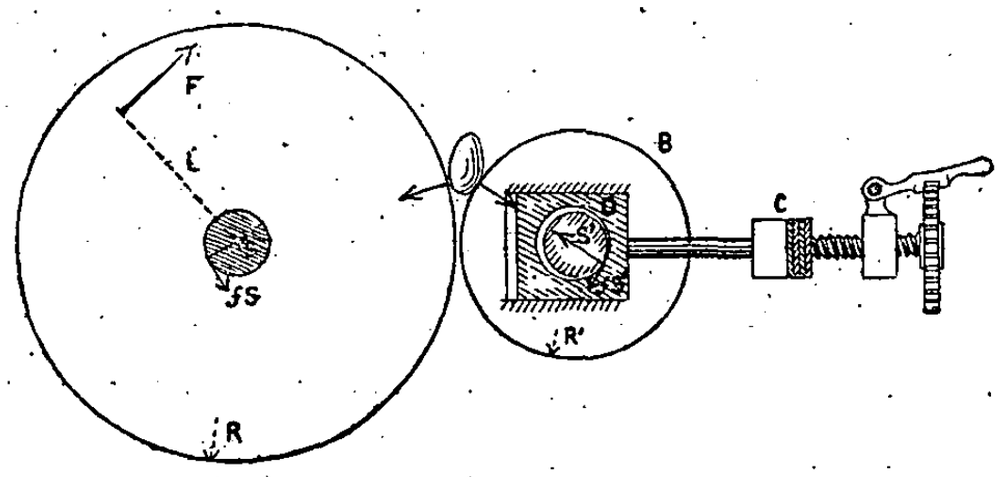


Fig. 437. — *Coupe transversale des parties travaillantes d'un aplatisseur.*

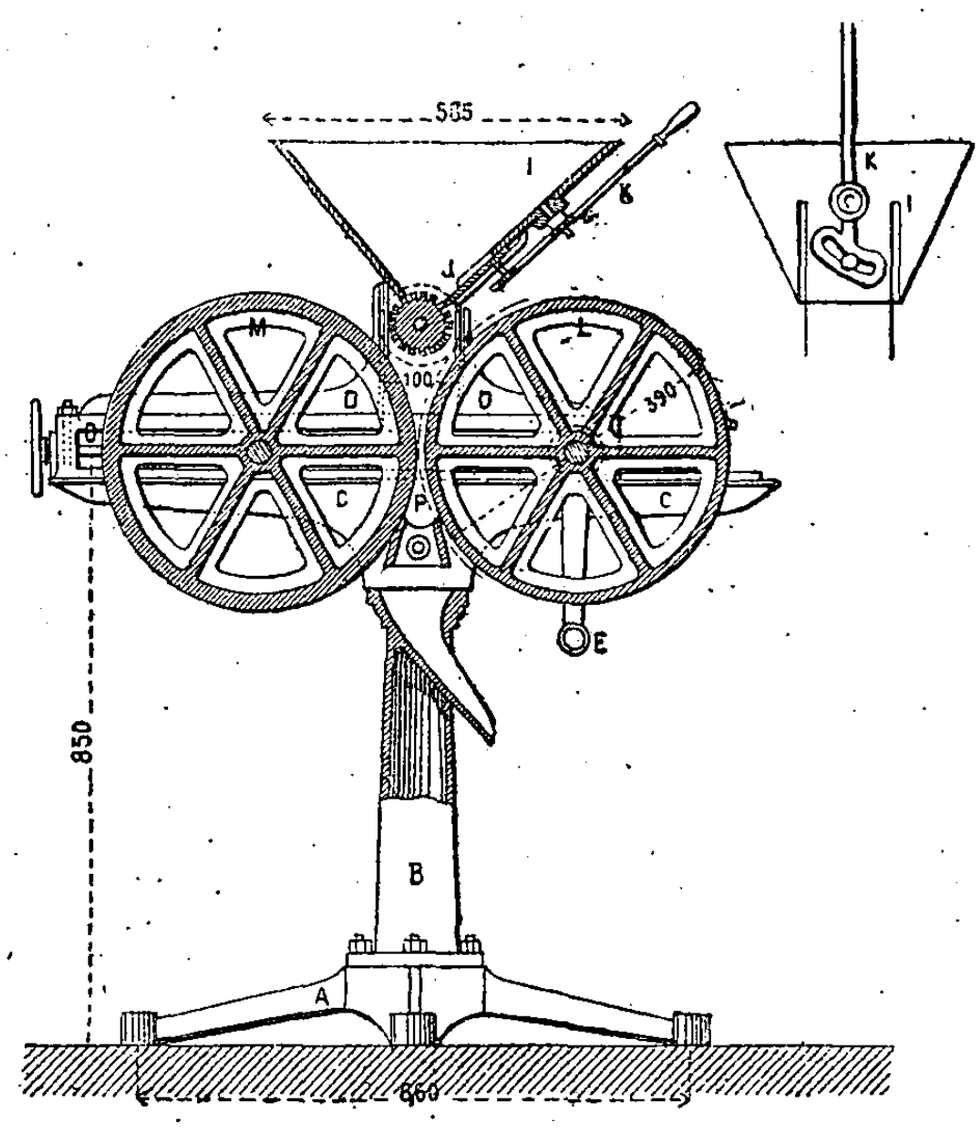


Fig. 438 et 439. — *Coupe de l'aplatisseur Ransome et vue du mécanisme de règlement de la vanne.*

On voit que l'effet utile croît lorsque le rayon R croît et que r diminue : l'effet utile décroît quand n diminue, ou quand f augmente.

Il faut donc adopter une paire de cylindres de même rayon et aussi grands que possible. Le rayon r des tourillons doit être réduit à ce qui est strictement nécessaire pour résister à la pression du ressort, composée avec le poids du cylindre. Enfin le coefficient f du frottement sera d'autant plus petit que les tourillons et leurs coussinets seront plus polis et plus régulièrement graissés.

Malgré les indications théoriques précédentes, la plupart des constructeurs emploient un petit cylindre dont le rayon est 2, 3 et même 4 fois plus petit que celui du grand cylindre. Ransome seul adopte deux cylindres égaux d'assez grand diamètre (fig. 438 et 439).

La théorie précédente montre que le travail mécanique dépensé par tour reste le même quelle que soit l'espèce de graine et la quantité que l'on y fait passer : il ne dépend pour un aplatisseur donné que de la *pression* exercée par le ressort. Or, cette pression doit être plus grande lorsque la quantité de graine qui passe par tour est plus grande ; de même, il faut augmenter la pression pour écraser davantage une même quantité de graines. Enfin, les différentes graines exigent pour leur écrasement des pressions différentes.

On comprend donc qu'il y a pour chaque aplatisseur donné un degré de pression qu'il faut déterminer par tâtonnement pour chaque espèce de graines, pour chaque degré d'écrasement et pour chaque quantité passant par tour. Une vis sert à régler la pression en *bandant* plus ou moins le ressort dont les extrémités poussent les coussinets du petit cylindre contre ceux du grand. Cette vis doit être micrométrique, c'est-à-dire avoir un *pas* assez petit et être armée en tête d'un cercle divisé en 12, 20 ou 30 parties égales (crans ou trous) permettant de régler la pression à un douzième, ou un vingtième de tour près. La quantité de graines qui s'écoulent pour un tour du grand cylindre doit pouvoir être réglée avec une grande précision. Un distributeur cylindrique, placé en dessous de la trémie alimentaire, tourne avec le grand cylindre et amène ainsi, s'il est bien disposé, le même nombre de graines à chaque tour. Ce distributeur est analogue à ceux des semoirs. En outre, le fond de la trémie au-dessus du distributeur est fermé plus ou moins par un registre : on règle l'ouverture de passage des graines pour que le distributeur soit alimenté sans excès. Un aplatisseur ne donne un bon travail que dans le cas d'un double règlement parfait de la pression et de l'alimentation.

Le travail moteur dépensé par kilogramme de graines aplaties varie avec le degré d'aplatissement très difficile à caractériser et avec les diverses espèces ou variétés de graines. Nous avons fait des essais sur deux aplatisseurs. Le premier, de Peltier jeune, avait les dimensions suivantes : le grand cylindre avait $0^m,503$ de diamètre, et le petit, $0^m,337$; la largeur des jantes était de $0^m,15$. Le rapport entre les rayons est donc de 2,122. En adoptant pour le coefficient de frottement f des tourillons, la fraction moyenne 0,075 et pour le rayon des tourillons $0^m,015$, on aurait approximativement, d'après notre formule :

$$Tm = 6,2832 \times 0,015 \times 0,075 P (1 + 2,122)$$
$$\text{d'où } Tm = 0,00707 P. \times 3,122 = 0,0221 P.$$

Entre la manivelle motrice et l'arbre du grand cylindre, une paire d'engrenage multiplie la force par 1,6. Par tour du grand cylindre on aplatissait 0 litre 085 centimètres cubes de froment pour un travail moteur de 31,709 kilogrammètres. La pression devait donc être égale à

$$1,434^{km},8 \ldots\ldots \left(\frac{31^{kgm},719}{0^m,0221}\right)$$

pour une largeur de jante de $0^m,15$ ou par millimètre de largeur $9^k,565$, ce qui nous paraît un peu excessif. Par litre de froment aplati, on dépensait donc $546^{kgm},7$ ou par kilogramme (le litre pesant $0^k,8$) $683^{kgm},375$: 5 litres de froment entier font 8 litres aplati. Lorsqu'on fait passer par tour $17^g,8125$ d'avoine, elle est trop écrasée et on dépense $23^{kgm},376$; cela suppose 1,312 kilogrammètres par kilogramme aplati, et correspond à une pression de ressort de $1692^{kg},38$. Pour 29 grammes de froment par tour, on dépense en travail moteur $20^{kgm},725$; soit par kilogramme de froment, $714^{kgm},65$ et une pression de ressort de $1500^k,4$. Enfin pour $18^g,5366$ d'avoine, trop écrasée, par tour, on dépense $27^{kgm},673$; soit 1,492 kilogrammètres par kilogramme d'avoine et une pression de $2003^k,4$.

Le second aplatisseur que nous avons expérimenté est un ancien modèle de Turner. Le grand cylindre a $0^m,48$ de rayon et le petit, $0^m,127$. Soit un rapport de 3,7795 : les jantes ont $0^m,079$ de largeur.

Le tableau suivant donne les résultats des essais :

Date des essais	Poids de graines aplati		Durée de l'essai	Nombre de tours du grand cylindre	Poids du litre de graines		Force moyenne à la manivelle	Travail moteur		Observations
	dans l'essai	par tour			entières	aplaties		par tour	par kil. de graines	
	kil.	kil.			kil.	kil.	kil.	kilog.	kilogr.	
28 mai 1875. .	2 avoine	»	320′	»	0.412	0.222	»	»	»	
— . .	2 —	0.0084	218	238	0.400	0.228	8.12	18.838	2243	
29 mai 1875. .	2.066	0.0124	253	214	0.412	»	5.604	13.001	1046	
— . .	2.000	0.0132	163	151	0.412	0.250	7.315	16.970	1281	à peine assez aplatie (levier nu).
— . .	3.000	0.0166	162	181	0.412	»	»	»	»	
— . .	2.000	0.0154	145	130	0.412	0.206	7.029	16.308	1060	très bien aplatie sans excès (levier chargé).
— . .	2 orge	0.0126	288	158	0.667	»	9.829	22.803	1802	orge.
4 juin 1875. . .	2.34 avoine	0.0232	163	101	0.412	0.312	13.943	32.348	1396	très peu apl. (levier non chargé).

On voit combien ces résultats présentent d'irrégularités : la distribution du grain était irrégulière.

B. *Broyeurs*. Lorsque deux cylindres unis tournent en sens contraire, avec des vitesses différentes, ils broient les matières qu'ils entraînent. Aussi nombre d'industries ont des broyeurs de ce genre. Ils ne diffèrent, en principe, des *aplatisseurs* que nous venons d'étudier que par l'inégalité des vitesses. Au lieu d'aplatir seulement les graines entraînées, ces cylindres les pressent en les étirant, ce qui dégagrège la pulpe. On pourrait ainsi obtenir de la farine plus ou moins fine ; mais ce genre de broyeurs n'est pas, à proprement dire, employé pour la préparation des graines destinées aux animaux de ferme.

C. *Concasseurs*. Ces instruments, comme leur nom l'indique, doivent *casser* les graines en fragments plus ou moins fins, mais non les réduire en poudre ou en farine.

La première espèce, assez répandue, a pour pièce travaillante un cylindre armé de saillies à arêtes tranchantes ordinairement parallèles à

l'axe de rotation. Ce cylindre tourne contre une plaque armée aussi de saillies tranchantes et pouvant être plus ou moins rapprochée du cylindre à l'aide d'une vis de règlement C (fig. 440). La graine est jetée dans une trémie placée directement au-dessus de l'intervalle laissé entre le cylindre et la plaque fixe : elle tombe librement, et, en glissant sur la plaque fixe, elle reçoit des chocs directs des arêtes du cylindre qui la cassent en fragments dont la grosseur maximum est fixée par le règlement de l'espace entre A et B. Dans les bons modèles, le fond de la trémie est fermé par un registre à coulisse I dont on règle l'ouverture suivant le travail à faire ; c'est-à-dire suivant que l'on veut casser plus ou moins finement, et, par suite, d'après le règlement de la plaque B. Parfois, sous le registre de la trémie, est placé un distributeur rotatif assurant une alimentation régulière, c'est-à-dire le passage d'un même volume de graines pour chaque tour du cylindre concasseur.

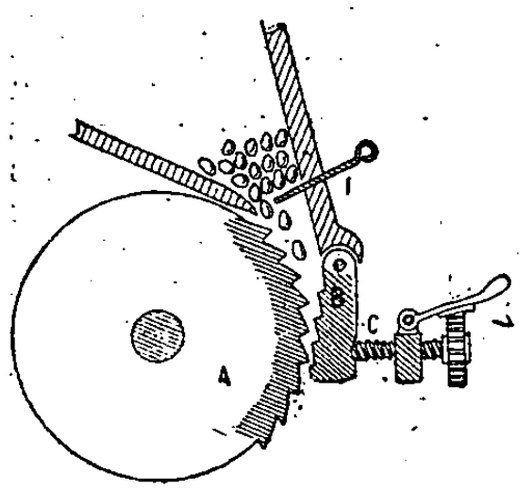


Fig. 440.
Coupe d'un concasseur à un seul cylindre.

Le cylindre était primitivement d'une seule pièce en fonte, coulée parfois en coquille pour en durcir la surface ; les arêtes d'un cylindre de ce genre ne sont jamais vives et le travail les arrondit assez rapidement de sorte qu'elles ne donnent plus de bons effets. M. Biddell, un des contremaîtres de la maison Ransome, eut l'idée, il y a une quarantaine d'années, de faire un cylindre à arêtes mobiles (fig. 441). Il se compose de deux fonds en fonte présentant à l'intérieur sur leur contour une série de cellules triangulaires pouvant recevoir les extrémités de petits prismes triangulaires d'acier *ccc*. L'ensemble des deux fonds en fonte et des trente barreaux d'acier forme une espèce de cage cylindrique, maintenue par trois boulons B fortement serrés. Lorsqu'une arête est usée, on démonte le cylindre et on amène à l'extérieur des arêtes fraîches, intactes. On use ainsi successivement les trois arêtes vives de chacun des prismes ou barreaux d'acier.

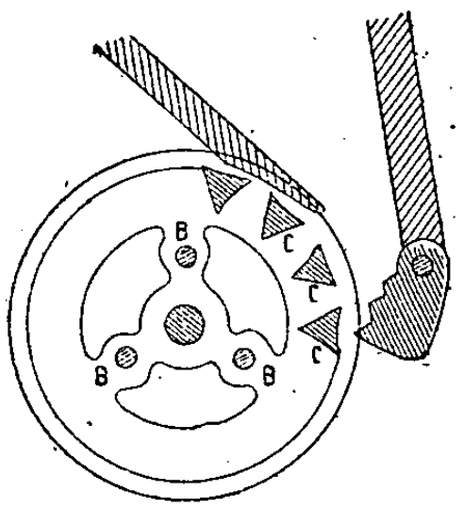


Fig. 441.
Coupe du concasseur à arêtes mobiles de Biddell.

On peut aussi employer des cylindres d'acier sur lesquels on peut raviver les arêtes.

La seconde espèce de concasseur a pour pièces travaillantes deux cylindres identiques à arêtes vives, tournant en sens contraire avec des vitesses différentes, grâce à une transmission de mouvement par engrenages de diamètres différents. Les arêtes des deux cylindres sont naturellement aussi de sens contraire (fig. 442). On peut avoir des cylindres à arêtes obliques à l'axe et de direction symétrique, ce qui permet de *cisailler* les graines au lieu de les casser. L'un des cylindres a ses paliers dans des coulisses de façon qu'on puisse le rapprocher plus ou moins de l'autre cylindre dont les tourillons reposent dans des paliers fixes. Il faut alors que les deux vis de pression réglant l'écartement soient actionnées simultanément. Pour cela leurs têtes sont armées de roues d'engrenage à dents obliques conduites par une vis sans fin (fig. 443).

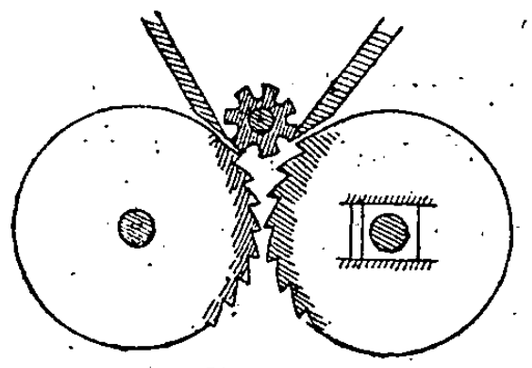


Fig. 442.
Coupe d'un concasseur à deux cylindres cannelés.

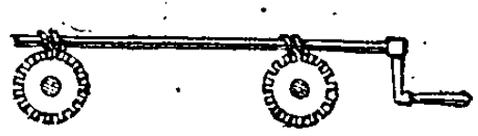


Fig. 443.
Mécanisme de règlement simultané des deux vis.

La troisième espèce de concasseur a été imaginée par M. Albaret. La partie travaillante se compose d'une série de disques ajourés, calés sur un arbre vertical à des distances bien égales ; entre ces disques, entraînés dans le mouvement de rotation de l'arbre vertical, sont des disques absolument pareils, fixés à l'enveloppe cylindrique formant le bas de la trémie (fig. 444). Les graines en tombant par leur propre poids par les orifices des disques fixes sont *cisaillées*, par les bords des cloisons que laissent dans les disques les jours que l'on y a découpés.

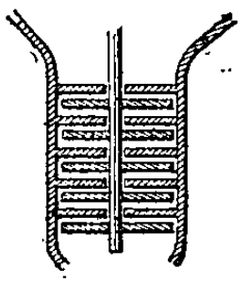


Fig. 444.
Coupe d'un concasseur Albaret.

Les deux premières espèces de concasseurs peuvent se transformer en *broyeurs-concasseurs* lorsque les arêtes vives sont remplacées par des cannelures ordinairement de section triangulaires, parallèles ou obliques à l'axe ; le *cassage* n'est plus franchement fait ; il y a des chocs qui brisent par compression en même temps qu'il y a cassage. On obtient ainsi un tel degré de finesse que le produit est analogue à de la farine.

D. *Broyeurs-concasseurs.* Outre les deux espèces que nous venons de signaler il y a le broyeur Carr

composé de : deux plateaux verticaux, armés de chevilles, affrontés et tournant très rapidement en sens contraire autour d'arbres horizontaux. La matière à broyer arrive par le centre et ne peut s'échapper qu'en subissant pendant sa descente verticale une infinité de chocs et de cisaillements de la part des chevilles. On peut ainsi broyer à peu près toutes les matières et avec le grain faire même de la farine. — V. Moulin, Mouture, Meunerie.

Au lieu d'être armés de chevilles cylindriques, ces disques peuvent être armés de pointes en forme de pyramides quadrangulaires dites en pointes de diamant. A partir du centre il y a plusieurs circonférences armées de dents de cette forme: elles sont de plus en plus rapprochées et

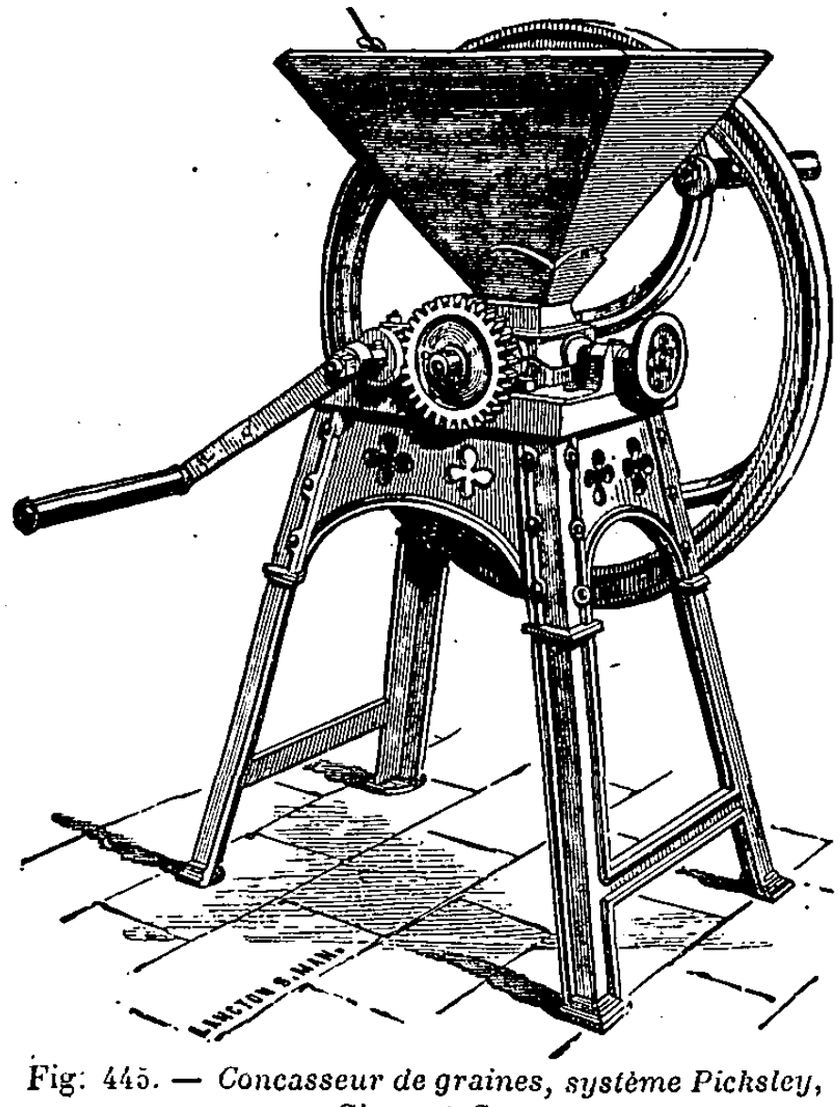


Fig. 445. — *Concasseur de graines, système Picksley, Sims et C°.*

de plus en plus petites: les disques étant en réalité concaves de façon à ce que leur écartement à la circonférence extrême soit très petit, et réglable dans une certaine mesure.

Les *broyeurs de tourteaux* présentent des particularités que nous examinerons au mot Tourteau.

Lorsqu'il s'agit de la division de graines ou d'autres matières, on opère parfois à l'aide d'appareils mixtes ou composés. Une première partie travaillante *casse* et jette la matière, à ce premier état de division, sur un appareil opérant un nouveau cassage, un broyage ou même une mouture. Autant de matières, autant d'appareils pour ainsi dire, que le lecteur trouvera décrits aux industries spéciales.

Comme application des principes précédents, nous donnons (fig. 445) une vue du concasseur de graines dit anglais, de Pilter. Les manivelles motrices sont sur le volant et à l'extrémité de son arbre qui est aussi celui du grand cylindre cannelé. Cet arbre porte un pignon de *dix* dents qui conduit la roue de vingt-neuf dents calée sur l'arbre du petit cylindre cannelé ; ce dernier fait donc environ trois fois moins de tours que l'autre; et, comme son diamètre n'est que de 66 millimètres quand celui du grand s'élève à 148, la vitesse d'une arête tranchante du grand cylindre est d'environ 21 fois celle du petit cylindre dont les cannelures retiennent les graines tandis que les arêtes du grand cylindre les cassent. Quand passe une arête du petit cylindre, il en passe dix-sept du grand. Le petit cylindre porte quarante cannelures d'environ 5 millimètres de large et le grand quatre-vingts de près de 6 millimètres.

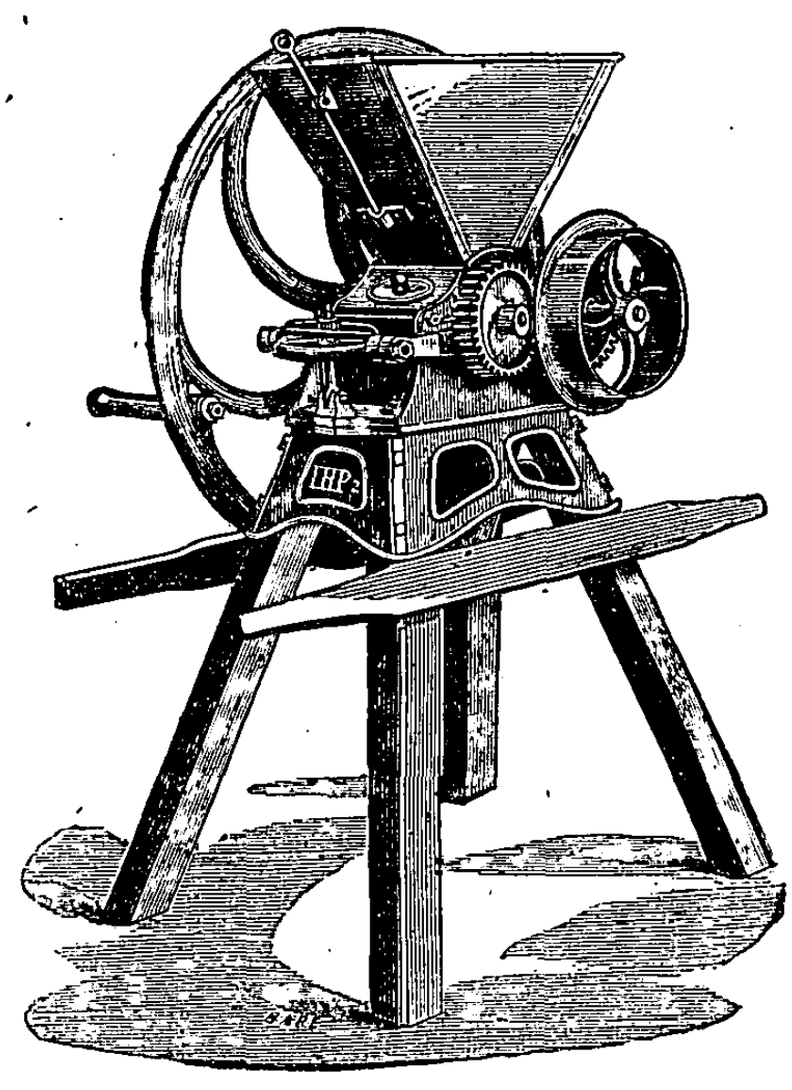


Fig. 446. — *Aplatisseur Pilter, dit système Lenoir.*

Les tourillons du petit cylindre tournent dans des paliers d'une plaque unique, glissant dans une coulisse de la plaque de fondation lorsque l'on agit sur la vis à volant très visible à droite de la figure. On peut ainsi régler, avec une grande précision, le rapprochement des deux cylindres et, par suite, la finesse du concassage. Les cylindres sont en fer aciéré, les cannelures en triangle rectangle et de 2 et 2 1/2 de profondeur seulement. Le modèle représenté débite 250 litres à l'heure. Le plus petit modèle, posé sur colonne en fonte à trois pieds, débite 70 litres seulement. Enfin, le grand, n° 10, fait 1,600 litres à l'heure.

Le modèle (fig. 446), dit de Lenoir (T. H. P. 2 L). est fait pour être mû à manège. Les cylindres sont identiques et armés de rangs circulaires de pointes pyramidales quadrangulaires à base allongée dans le sens de la circonférence. Sur ces circonférences, les sommets des pyramides sont à

dix millimètres d'écartement et à cinq seulement suivant les génératrices du cylindre.

L'arbre moteur porte d'un bout un volant à manivelle et de l'autre une poulie pouvant recevoir la courroie d'un moteur (manège ou vapeur). A côté de la poulie, une grande roue dentée conduit une roue identique calée sur l'arbre du cylindre mobile ou réglable. A l'autre bout l'arbre de ce cylindre porte une roue de *dix* dents conduisant une roue de vingt-sept dents calée sur l'arbre du cylindre à paliers fixes, qui fait ainsi trois fois moins de tours que l'autre. Le cylindre mobile a ses tourillons dans le haut de deux leviers visibles dans la figure 446 et dont le point de rotation est en dessous des tourillons : de sorte qu'en appuyant sur l'extrémité de ces leviers, on éloigne le cylindre mobile du fixe et en soulevant les leviers, on rapproche ce cylindre en faisant engrener ses dents pyramidales avec celles du cylindre

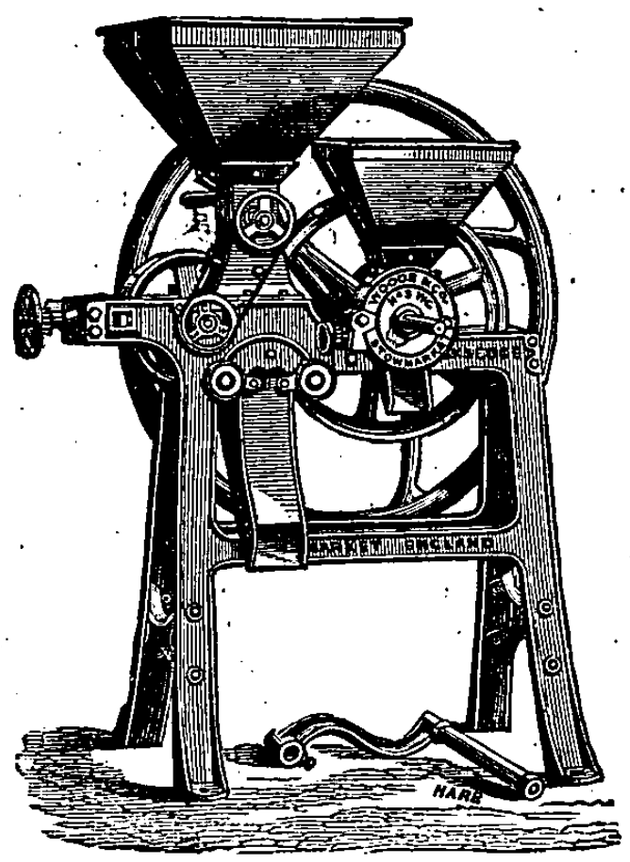


Fig. 447. — *Aplatisseur de Woods, muni d'un concasseur de fèveroles.*

à paliers fixes. On règle ainsi le rapprochement de façon à concasser plus ou moins finement et même à faire de la farine. C'est la vis, à volant-écrou, dont la partie inférieure est articulée sur la plaque de fondation qui règle le concassage en soulevant ou abaissant les leviers, suivant le sens de la rotation qu'on imprime au volant. Le prix du n° 2 est de 145 fr. ; il marche à bras ou à moteur.

Enfin, M. Pilter adapte à volonté sur les aplatisseurs (fig. 447) un petit concasseur de fèveroles et autres graines. La partie travaillante est un cylindre à cannelures en triangles rectangles (de 9,5 millimètres de largeur et de 2,5 de profondeur) tournant contre une plaque cannelée en triangles presque symétriques de 7 millimètres d'écartement. Cette petite plaque est suspendue par un boulon formant axe et une vis de pression micrométrique à volant-écrou permet de pousser plus ou moins cette plaque contre le cylindre, ce qui règle la grosseur des fragments. — J. A. G.

***CONCASSEUR.** *T. techn.* Appareil qui sert à diviser en fragments les matières dures et notamment les graines destinées à la nourriture du bétail. — V. Concassage.

CONCAVE. Se dit d'une surface dont le centre est déformé.

***CONCENTRATEUR.** *T. techn.* Appareil qui sert à la concentration des sirops et des liquides || Sorte de culot qui, dans une cartouche de chasse, est disposé de façon à empêcher l'écartement des grains de plomb.

***CONCENTRATEUR PYRHÉLIEN.** Nom donné à un dispositif imaginé par l'ingénieur Franchot (1847), en vue d'utiliser la chaleur solaire. Le concentrateur ou miroir se composait d'une feuille de cuivre jaune argentée, de forme cylindro-parabolique, soutenue par deux pieds jumeaux articulés en haut et reposant par leurs pointes sur le sol. Un tube de cuivre, coïncidant avec l'axe du concentrateur et noirci sur la surface opposée au miroir servait de récipient. Ce tube était fixé à la zône inférieure du cylindre, traversait la zône supérieure et se terminait par un vaisseau évasé. Le rayonnement reçu sur la surface argentée était projeté sur le tube de cuivre dont le contenu subissait un accroissement notable de température dans les premières minutes. Mais le récipient, non protégé, ne tardait pas à rayonner la chaleur reçue. (Cet appareil est décrit par M. L. de Royaumont dans son livre « *la Conquête du Soleil* » p. 190.)

Le concentrateur pyrhélien de Franchot a servi de modèle à M. le professeur Mouchot dans ses premiers essais d'utilisation de la *chaleur solaire*. — V. Chaleur, § *Chaleur solaire*.

CONCENTRATION. Action de réunir en un point ou dans un espace plus restreint. || *T. de chim. et de phys.* Opération qui a pour but, étant donné un mélange constitué par deux éléments, l'un liquide (le dissolvant), l'autre solide ou liquide, mais soluble, de modifier les proportions respectives de ces deux éléments, en éliminant une partie du dissolvant, de manière à obtenir un nouveau liquide plus riche que le premier en principes dissous.

C'est en les concentrant que, dans les laboratoires comme dans les industries qui opèrent par voie humide, on amène les dissolutions soit à abandonner à l'état solide les substances cristallisables qu'elles contiennent, soit à pouvoir subir avec avantage des opérations ultérieures. L'eau est le liquide que l'on a le plus souvent à éliminer dans l'industrie, et c'est par l'évaporation que l'on sépare ce véhicule des substances qu'il tient en dissolution. Lorsque les liquides à traiter sont peu riches en matières extractibles, que ces matières sont elles-mêmes peu rémunératrices, comme le sel marin, on a recours à la concentration par évaporation spontanée ; on abandonne le liquide en couches minces dans des réservoirs de grande surface (*marais salants*) ou bien on le fait circuler sur des surfaces disposées en cascades, ou sur des faisceaux de branchages placés au-dessus d'un réser-

voir et offrant à l'air et au vent une surface considérable comme les *bâtiments de graduation*.

Le plus souvent c'est à la chaleur produite par un combustible que l'on s'adresse pour amener l'évaporation ou la volatilisation de l'eau. C'est ainsi que se concentrent la plupart des dissolutions dans les industries qui opèrent par voie humide : lessives de soude, de potasse, etc.

Les solutions salines sont, en général, concentrées dans des récipients chauffés à *feu nu*. Mais quand on traite des substances altérables par la chaleur, telles que les jus sucrés de canne ou de betterave, on est obligé de chauffer dans des appareils à double fond ou à serpentin dans lesquels circule de la vapeur. Pour abaisser le point d'ébullition et diminuer encore les chances d'altération des produits organiques on a recours aux appareils d'évaporation dans le vide (sirops, extraits pharmaceutiques, lait concentré). La généralité même des applications de la concentration empêche d'énumérer toutes les industries qui la pratiquent : quant aux dispositifs adoptés pour réaliser l'évaporation soit spontanée, soit par chauffage, à air libre ou dans le vide, ils sont décrits à chaque industrie. — V. Evaporation.

Le corps dissous que l'on se propose d'extraire par concentration n'est pas toujours un solide, il peut être également liquide ; il suffit qu'il ait un point d'ébullition différent du dissolvant : tel est le cas de l'acide sulfurique que l'on concentre en le maintenant à l'ébullition jusqu'à ce que toute l'eau qu'il contient soit volatilisée. Enfin ce n'est pas toujours l'eau que l'on volatilise pour concentrer un mélange, c'est quelquefois le corps à extraire lui-même, quand il a un point d'ébullition inférieur à celui du dissolvant : par exemple, quand on chauffe un mélange d'eau et d'alcool, c'est l'alcool qui s'échappe à l'état de vapeurs ; on recueille ces vapeurs, on les condense, et le liquide recueilli contient l'alcool à un état de concentration plus élevée que le mélange initial. Ce mode de concentration prend le nom de *distillation*. — V. ce mot.

Concentration par le froid. Nous venons de voir que la concentration des liquides peut être produite par la volatilisation du dissolvant ou par la vaporisation du corps à extraire, mais on peut s'adresser à un autre agent que la chaleur : cet autre agent est le froid. On sait en effet que lorsque du vin ou du lait sont exposés à une température inférieure à 0°, l'eau se congèle : si la congélation se produit lentement, et si on l'interrompt avant que tout soit pris en masse, la partie restée liquide, séparée des glaçons, contient sous un petit volume la presque totalité des principes dissous du vin ou du lait.

Dans les pays froids, ce mode de concentration a donné de bons résultats pour l'extraction du sel. On a voulu autrefois l'appliquer en Russie à l'extraction du sucre du jus de betterave en remplacement de l'évaporation par ébullition dans le vide. Cet essai n'a pas été suivi de succès. Dans les régions tempérées on a essayé d'opérer la concentration des liquides industriels en employant le froid produit artificiellement. Les inventeurs sont partis de ce principe que la température moyenne de l'air atmosphérique étant 15°, au lieu de fournir à l'eau plus de 85 calories pour l'amener à 100° puis pour la vaporiser, il vaut mieux lui en retirer environ 17 pour l'amener à se solidifier. Les travaux dont la question du froid a été l'objet dans ces dernières années ont ramené l'attention des inventeurs sur ce sujet : presque simultanément en 1878 et 1879 des brevets ont été pris en France et en Belgique pour la concentration des jus sucrés par le froid. En 1880 un autre procédé a été indiqué, consistant à faire bouillir le liquide à froid, dans un vide presque absolu : le refroidissement, causé par cette volatilisation amène la congélation progressive de l'eau du liquide ; par turbinage, on sépare, de la glace formée à l'état pulvérulent, un liquide sensiblement concentré. — V. Sucre.

La question de la production et de l'application industrielle du froid à déjà fait de grands progrès depuis 1867 : les procédés de concentration dont nous venons d'indiquer le principe sont peut être appelés à un grand avenir, mais dans l'état actuel, il leur manque encore la sanction d'expériences faites en grand. — P. G.

CONCHOÏDE. *T. de géom.* (χόγχη, coquille, εἶδος, forme). Cette courbe, comme le *cissoïde* (V. ce mot), a été imaginée par Nicomède, géomètre grec, pour la solution du problème de la duplication du cube. Elle donne aussi la forme de la courbe que décrit un point d'une droite assujetti à se mouvoir dans les conditions suivantes :

Etant donnés une droite appelée directrice et un point fixe A, si de ce point appelé pôle on mène une série de droites et si à partir des points d'intersection de ces droites avec la directrice, on porte à droite et à gauche des longueurs constantes $= a$, le lieu des points ainsi obtenus est une conchoïde.

Il en résulte que si un point d'une droite passant par un point fixe est assujetti à se mouvoir dans une glissière rectiligne, les points situés à une distance constante a, choisie arbitrairement dans le prolongement du pôle à droite et à gauche de la directrice décrivent une conchoïde. Si la directrice était une circonférence et si le pôle était pris sur la circonférence, la courbe décrite dans des conditions identiques à celles indiquées précédemment serait une conchoïde particulière appelée limaçon de Pascal.

L'équation de la conchoïde est

$$y^2 = \frac{a^2 - x^2(d+x)^2}{x^2}$$

On voit donc que la conchoïde est une courbe du 4e degré se composant de deux branches infinies ayant pour asymptote la directrice. On comprend que le tracé de cette courbe est fort simple.

* **CONCORDE.** *Myth.* Fille de Jupiter et de Thémis. Les artistes personnifient cette divinité allégorique en lui faisant tenir d'une main deux cornes d'abondance entrelacées, et de l'autre une pomme de grenade, symbole

d'union; les anciens la représentaient assise portant un caducée et une branche d'olivier.

CONCURRENCE. On a dit avec raison que la concurrence est l'âme de l'industrie. Le succès appartient, en effet, à celui qui fabrique le même produit soit à un moindre prix, soit à prix égal, dans des conditions de qualité supérieure. La concurrence, quand elle est loyale, est le plus énergique stimulant de la production. Elle a, d'ailleurs, le même effet dans toutes les branches de l'activité humaine. Si vous la supprimez par l'octroi de monopoles à des compagnies ou à des établissements privilégiés, vous pouvez être assuré qu'au point des services rendus, vous n'obtiendrez pas les mêmes avantages que par l'application rigoureuse de son principe. Le possesseur du monopole ne fera, en effet, aucun effort pour améliorer ses produits ou en réduire les prix. C'est cette vérité, démontrée par l'expérience jusqu'à l'évidence, qui a conduit à proclamer le principe de la liberté du travail à l'intérieur d'abord, puis graduellement, et dans une certaine mesure, aux échanges internationaux. Ce n'est pas que la libre concurrence puisse toujours conduire au but désiré. Il peut arriver, dans quelques cas, qu'abandonnée à elle-même, l'industrie privée ne puisse créer certains produits, exécuter certains travaux, ou installer certains grands services publics qui exigent des capitaux considérables. Dans ces cas, les gouvernements, surtout dans les pays où les capitaux sont rares, sont obligés ou de mettre la dépense à la charge du budget de l'Etat, ou bien d'accorder un monopole à des compagnies qui ne réussissent à se constituer que par la perspective de bénéfices importants et de longue durée. Telle a été l'histoire des chemins de fer et tramways, des canaux et même des compagnies de transport sur la voie de terre dans beaucoup de pays. Il est encore arrivé que, dans un intérêt financier, les gouvernements, sous le coup de besoins pressants, aient accordé le monopole de certaines fabrications courantes, comme les allumettes en France, les tabacs en Italie, ou de certaines exploitations commerciales, comme les banques à émission, sous la stipulation d'un partage déterminé des bénéfices. Assez souvent, d'autres gouvernements se sont attribué à eux-mêmes le monopole de certaines fabrications, comme celle des tabacs en France, en Autriche-Hongrie, en Roumanie. Presque tous se sont réservé la fabrication des armes et du matériel de guerre, des poudres et salpêtres, des vaisseaux de la marine militaire, enfin de tous les produits, en nombre très varié, que reçoivent les arsenaux et les magasins de l'Etat. Quelques-uns même (la France notamment) se sont approprié la fabrication des appareils d'éclairage des côtes.

Nous avons à peine besoin de dire que toutes les fois que l'industrie privée, impuissante peut être au début, s'est assez fortifiée pour pouvoir entreprendre ces diverses fabrications, les gouvernements auraient tout intérêt à les leur abandonner, assurés d'obtenir des produits moins chers et de qualité supérieure.

La concurrence, même loyale, n'opère pas toujours à armes égales. A ce point de vue, ce n'est pas le meilleur producteur qui se fera toujours la meilleure clientèle. Le fabricant, par exemple, qui peut faire les frais d'une grande publicité, aura évidemment un débit plus considérable que celui qui reste dans l'obscurité. D'un autre côté, celui qui trompe sur la qualité, sur la valeur réelle du produit, réalisera évidemment un plus fort bénéfice que le fabricant honnête et consciencieux. Puis, même en admettant une loyauté égale de part et d'autres, l'industriel, qui a substitué la machine au bras, qui paye à son banquier un escompte moindre, qui, achetant ses matières premières en plus grande quantité, les paye moins cher, écrasera, dans la lutte, le rival ne travaillant pas dans des conditions aussi favorables. La concurrence est donc un véritable champ de bataille où beaucoup succombent. Mais, en définitive, même achetés au prix de ruines nombreuses, ses avantages sont tels, que, sauf les cas où elle recourt à de coupables manœuvres, passibles d'une répression pénale, elle est l'agent le plus actif du progrès dans toutes les branches de la production et la civilisation n'est progressive qu'à la condition de lui laisser libre carrière. Les gouvernements surtout doivent s'abstenir avec le plus grand soin de la supprimer par des monopoles soit à leur profit, soit au profit de compagnies privilégiées, et quand ils jugent impossible d'agir autrement, ils doivent assigner la plus courte durée possible à ces monopoles, soit pour les supprimer, soit pour en atténuer progressivement les charges qu'ils imposent au public. Cette observation ne s'applique pas seulement aux gouvernements, mais encore aux communes auxquelles la législation du pays accorde, à des degrés divers, la libre gestion de leurs intérêts.

CONDENSATEUR. 1° *T. de phys.* Appareil qui accumule et conserve une certaine quantité d'électricité (V. l'article CONDENSATION ÉLECTRIQUE). || 2° Appareil dans lequel on opère l'élimination de la majeure partie du goudron, des huiles lourdes et des eaux ammoniacales. || 3° *T. de mécan.* Récipient à air libre à surfaces multiples, servant à refroidir, à liquéfier les vapeurs de toute nature pour des opérations industrielles. La forme de cet appareil varie selon le but qu'on se propose d'atteindre. — V. l'article suivant CONDENSATION. || 4° Les appareils distillatoires employés pour fournir de l'eau douce à bord des navires sont fort souvent désignés sous le nom de *condensateurs*. || 5° *Condensateur à air.* Récipient propre à recevoir l'air comprimé. Le fusil à vent, la fontaine de compression, le briquet atmosphérique sont des condensateurs. || 6° *T. de mach.* Appareil à surfaces multiples fonctionnant à air libre et liquéfiant la vapeur d'échappement d'une machine à vapeur par l'action refroidissante de l'eau et de l'air, agissant séparément ou simultanément. Ces appareils régénèrent le liquide alimentaire presque pur et à haute température, ils exigent un faible volume d'eau condensante et déplacent l'incrustation, soit en totalité, soit en partie, en la fixant sur les parois faciles d'accès du condensateur. Le condensateur de Cleut utilise

le refroidissement combiné de l'air et de l'eau, celui de Bréval utilise seulement l'action réfrigérante de l'eau. Cet appareil s'applique dans les cas où la puissance est faible, l'eau rare et de mauvaise qualité. En général, le condensateur à air libre n'exige pas un poids d'eau condensante supérieur au poids de vapeur condensée.

CONDENSATION. *T. de mécan.* Action physique ayant pour objet de ramener les vapeurs de toute nature à l'état liquide. Cette action peut s'opérer de trois manières : par compression, lorsqu'on réduit le volume occupé par la vapeur saturée, c'est-à-dire en contact avec le liquide qui l'a produite ; par détente, lorsque la vapeur, à une certaine pression, se rend dans un milieu plus vaste où il existe une pression moindre ; par refroidissement, lorsqu'on introduit la vapeur dans un milieu où la température est moins élevée que celle possédée par la vapeur.

Cette troisième manière est presque exclusivement employée, dans l'industrie, pour absorber la vapeur d'échappement des moteurs. Le refroidissement peut s'opérer de plusieurs manières à l'aide d'agents divers, mais le plus souvent l'eau ou l'air, soit séparés, soit combinés.

L'agent de refroidissement peut être intimement mêlé aux vapeurs à condenser, ou circuler sur la face opposée du récipient qui reçoit cette vapeur. Selon le mode de condensation employée, on se sert de désignations différentes.

Condensation par mélange. Dans les premières machines à vapeur, on opérait la condensation dans le cylindre même ; Watt reconnut bien vite les inconvénients de ce mode d'agir ; il sépara le condenseur du cylindre et diminua ainsi le refroidissement intermittent de ce dernier, refroidissement si préjudiciable pour le travail de la vapeur.

Dans les condenseurs ordinaires, par mélange, ou à injection (3 termes identiques), l'arrivée de l'eau à l'intérieur se fait sous la forme de jets très divisés, afin que le volume d'eau introduit embrasse la plus grande surface possible à sa sortie du tuyau d'injection. Pour réaliser cet effet, le tuyau est terminé par une pomme d'arrosoir, par des lames très allongées ou par un robinet à lanternes. Dans tous les cas, les jets sont dirigés de manière à tomber en pluie très abondante par le travers de l'ouverture du tuyau d'évacuation de la vapeur dans le condenseur. Cette vapeur est ainsi condensée instantanément, et le résultat de cette action est un abaissement considérable de pression dans ce récipient.

Du vide au condenseur. Lorsque l'aiguille de l'indicateur métallique, communiquant avec le condenseur, se fixe sur une division, quelle qu'elle soit, 61 par exemple, on dit, assez improprement, qu'il y a 61 centimètres de vide au condenseur. Si à ce moment la pression atmosphérique est de 76 centimètres, le *vide absolu* sera mesuré par la différence entre 76 et 61, soit 15 centimètres. Ce dernier chiffre n'est autre chose que la pression absolue dans le condenseur ; il représente, à 5 ou 6 centimètres près, la contre-pression existant sur la face du piston qui se trouve en communication avec cet organe. Cette contre-pression n'est qu'environ le sixième de celle qui agirait sur cette même face, si la machine était sans condensation, puisque dans ce dernier cas, la vapeur d'émission doit encore posséder une tension supérieure d'une quinzaine de centimètres à la pression atmosphérique.

Cette diminution de la contre-pression est le principal avantage des machines à condensation ; il n'est acheté qu'au prix d'un plus grand encombrement et, par suite, d'un plus grand poids, dû au condenseur même, à la pompe à air, à la bâche et à l'eau qu'ils contiennent, toutes additions que ne comportent pas les machines sans condensation.

De la purge du condenseur. Pour déterminer le vide dans un condenseur, on commence par le purger, c'est-à-dire par chasser l'eau et l'air qui s'y trouvent contenus, au moyen d'une arrivée directe de vapeur ; la sortie s'effectue par une soupape que l'on désigne sous le nom de *reniflard*. Cette soupape est disposée de manière à intercepter toute rentrée d'air lorsqu'elle retombe sur son siège. On reconnaît que le condenseur est bien purgé, lorsqu'il ne sort plus que de la vapeur par le reniflard ; à ce moment, on ferme l'arrivée de vapeur, on ouvre le robinet d'injection et on détermine ainsi la formation du vide, un peu avant de mettre la machine en marche.

Le volume des condenseurs par mélange est d'environ les 6/5 du volume du cylindre, pour des pressions effectives de $1^k,500$ à $2^k,500$ aux chaudières.

Température du condenseur. Sur les navires à vapeur, le tuyau d'injection est placé au-dessous de la flottaison, à une distance qui varie avec le tirant d'eau du bâtiment ; on donne à ce tuyau la section convenable pour laisser arriver la quantité d'eau nécessaire pour obtenir au condenseur la température que l'on s'est fixée ; on se tient généralement entre 35 et 45 degrés.

Pour déterminer la quantité d'eau, on se sert de la formule :

$$P = p\frac{(630 - T)}{T - t}$$

dans laquelle P est le poids de l'eau d'injection en kilogrammes ; p, le poids de vapeur à condenser également en kilogrammes ; T, la température du mélange d'eau froide et de vapeur liquéfiée ; t, la température de l'eau d'injection ; 630, le nombre de calories que possède la vapeur, déjà détendue, au moment de son arrivée au condenseur.

Ce poids, pour une température de 40° au condenseur, avec l'injection à l'eau de mer, est égal à environ 25 fois le poids de vapeur à condenser.

Condensation par surface. Le poids considérable des matières fixes contenues dans l'eau de mer (32 à 35 gr. par litre) a nécessité l'interposition d'une lame métallique entre la vapeur à condenser et l'eau condensante, dans les machines qui actionnent les propulseurs des navires. L'accumulation de ces matières fixes dans

l'intérieur des chaudières à vapeur nécessitait des extractions fréquentes et provoquait des incrustations dont les effets étaient préjudiciables au rendement et à la durée de ces chaudières. La condensation par surface a rendu possible l'alimentation monohydrique et l'emploi des hautes pressions dans les machines marines.

Ces condenseurs se composent d'un plus ou moins grand nombre de tubes, suivant l'importance de la machine, fixés dans deux plaques de tête, de manière à être étanches. Le tout est logé dans une caisse en fonte ; l'intervalle libre entre les tubes forme la capacité du condenseur. L'eau froide, chassée par une pompe, circule dans les tubes.

La première application sérieuse de ce mode de condensation a été faite par Hall en 1838; de nombreuses difficultés pratiques ne purent être surmontées au début; ce n'est qu'à partir de 1862 que l'adoption des condenseurs par contact se répandit. Aujourd'hui, ils sont généralement employés dans toutes les machines marines françaises ou étrangères et sur nombre de machines fixes situées dans des lieux où l'eau douce des chaudières contient assez de sels de chaux en dissolution, pour que la distillation continuelle de cette eau engendre des dépôts à l'intérieur des appareils évaporatoires.

Tubes des condenseurs par surface. Le diamètre des tubes varie entre 16 et 20 millimètres, leur épaisseur entre 1 et 2 millimètres, leur longueur entre 1 et 4 mètres ; ils sont en cuivre rouge ou en laiton, le plus souvent ils sont étamés intérieurement et extérieurement, afin d'éviter la présence de l'oxyde de cuivre, oxyde qui se forme sous l'action des acides contenus dans les matières employées au graissage des organes intérieurs des machines.

Modes de fixation des tubes sur les plaques de tête. Les tubes, tout en restant étanches, doivent être libres de se dilater, sans cela ils se courberaient à l'intérieur et diminueraient l'espace libre ménagé également entre les diverses rangées. On emploie différents moyens dans ce but.

La figure 448 montre un tube maintenu par une virole en bois qui remplit l'espace conique fraisé dans la plaque de tête; ces viroles sont faites en

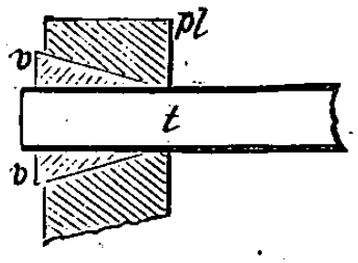


Fig. 448.

v Viroles en bois comprimé — *pl* Plaque de tête. — *t* Tube.

bois comprimé, très sec, l'humidité des condenseurs fait gonfler les viroles et assure ainsi l'étanchéité des tubes.

Dans la figure 449, le tube traverse deux plaques entre lesquelles se trouvent des rondelles en caoutchouc; le serrage de plaques entre elles amène le caoutchouc en contact avec les tubes.

La figure 450 représente la disposition la plus répandue ; chaque trou des plaques de tête est taraudé jusqu'à quelques millimètres de son bord intérieur; les tubes sont enfilés dans leurs trous

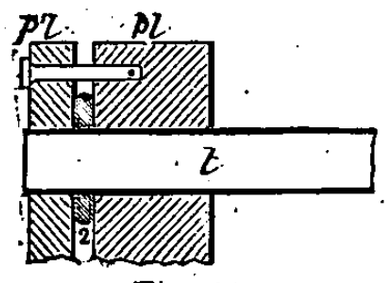


Fig. 449.

p'l Plaque de serrage. — 2 Rondelle en caoutchouc.

correspondants ; on les entoure alors, soit d'une limande en chanvre, soit d'une bague en caoutchouc, surmontée d'un petit anneau en laiton glissant librement sur le tube ; le tout est com-

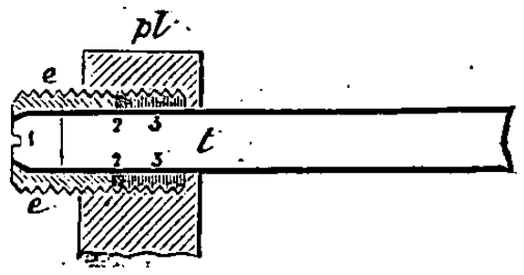


Fig. 450.

e Ecrou présenté. — 1 Entailles pour recevoir le tenon de la clef de serrage. — 2 Anneau en laiton. — 3 Limande en chanvre imbibé de suif.

primé à l'aide d'un écrou en bronze à filets extérieurs portant deux entailles dans lesquelles on engage une clef emmanchée dans un vilebrequin.

M. Savreux, maître entretenu des constructions navales à l'ajustage de Brest, a remplacé les limandes de chanvre ou les bagues en caoutchouc par des rondelles de papier découpées à l'emporte-pièce et trempées dans l'huile avant d'être logées dans les presse-étoupes. Le joint ainsi obtenu est complètement étanche (1882).

Dans les condenseurs nouvellement construits par les Forges et Chantiers de la Méditerranée, le diamètre intérieur des écrous est diminué en dehors de la plaque de tête, afin de s'opposer à la sortie des tubes, fait qui s'est quelquefois produit (Jaroslaw, Russie ; Miaoulis, Grèce ; Amiral-Duperré, France).

Pompes de circulation et pompes à air. L'eau froide n'entre pas dans les condenseurs à surface, elle passe simplement à travers les tubes et les ouvertures nécessaires pour sa circulation. Le travail des pompes de circulation est donc moins grand que celui des pompes à air des condenseurs ordinaires, puisque dans ces derniers cette pompe est obligée de prendre l'eau dans un récipient où il n'existe qu'une pression de quelques centimètres, pour la rejeter à l'extérieur. Il est vrai que le volume d'eau *d'injection* est beaucoup moindre que celui de circulation; dans le cas de mélange, il suffit de 25 à 26 fois le poids de vapeur à condenser, tandis que dans le second cas ce volume s'élève à 40 fois, au moins, le poids de la vapeur.

Chacun sait que l'eau contient de l'air dans la

proportion de 1/20 de son volume; la vapeur en contient donc aussi; de plus, l'air peut s'introduire dans les condenseurs quelconques par les presse-étoupes et les divers robinets communiquant avec les condenseurs; la première cause ne contribue pas à la présence de l'air dans les condenseurs à surface. puisque l'eau de circulation n'y entre pas. Le volume de la pompe à air doit donc être moindre que dans le cas des condenseurs ordinaires : ce volume est au moins égal à 1/20 de celui du cylindre détendeur correspondant. Remarquons qu'avec la condensation à sec, la pompe à air n'a d'autre eau à extraire du condenseur que celle provenant de la vapeur condensée, à moins que les tubes fuient, circonstance qu'il est indispensable de prévoir.

En résumé, le travail des pompes de circulation et des pompes à air des machines à condensation par surface absorbe en moyenne 2 1/2 0/0 du travail développé par la machine principale; il n'est qu'un peu moindre de celui nécessaire pour la motion des pompes à air des machines à condensation par mélange.

L'eau de circulation peut être mise en mouvement par différentes méthodes : par des pompes conduites par la machine principale; l'arrivée de l'eau se produit alternativement vers chaque bout de course, il en résulte des chocs compromettants pour les tubes.

Par des pompes centrifuges, actionnées par une machine auxiliaire ; ici l'arrivée de l'eau se fait d'une manière continue, sans choc; c'est ce dernier mode qui est adopté sur la plupart des machines marines actuelles. Parfois, comme sur le Rochambeau (aujourd'hui démoli), les pompes à air et les pompes de circulation sont mues par une machine spéciale. Cette disposition s'est peu répandue, elle offre pourtant l'avantage de pouvoir déterminer le vide dans les condenseurs avant que la machine principale fonctionne, et celui de pouvoir diriger dans les condenseurs la vapeur qu'on laisse, à l'ordinaire, s'échapper à l'air libre par les soupapes de sûreté. Sur quelques bateaux, entre autres sur les torpilleurs, on a essayé d'utiliser le sillage pour opérer la condensation. La vitesse de circulation est alors proportionnelle à la vitesse du navire, mais la dépense de vapeur croît comme le cube de cette vitesse ; il en résulte donc que si l'on admet l'eau en quantité suffisante pour les grandes vitesses, elle sera en excès pour les petites vitesses. Avec ce système, on ne peut pas faire d'essais sur place ; c'est pour ces diverses causes qu'il est très peu adopté et qu'on y a presque complètement renoncé.

Quantité d'eau de circulation. Dans une bonne machine, le poids de vapeur à condenser par heure et par cheval indiqué est, au plus, de 9 kilogrammes. Si l'on admet que cette vapeur soit condensée instantanément, qu'elle possède encore 630 calories, au moment de son arrivée au condenseur, et qu'on veuille la réduire en eau possédant encore 40°, chaque kilogramme de vapeur devra abandonner 590 calories.

Cet abandon peut être obtenu, soit à l'aide d'une grande surface réfrigérante et d'un volume d'eau relativement réduit, soit avec une surface réduite et un plus grand volume d'eau. Si l'on connaissait le coefficient de conductibilité applicable au condenseur que l'on étudie, étant donnés le poids de vapeur à condenser par heure, la température de la vapeur liquéfiée, celle de l'eau de circulation à son entrée dans le condenseur et à sa sortie, il serait facile de déterminer le poids d'eau nécessaire pour opérer la condensation, puisque la somme des calories abandonnées par la vapeur doit être égale au nombre de degrés de chaleur gagnés par l'eau.

Mais ce coefficient de conductibilité, c'est-à-dire la quantité de calories que peut transmettre une plaque de cuivre (si les tubes sont en cuivre) d'environ 1 millimètre d'épaisseur par mètre carré et par heure, pour une différence d'un degré de température, varie beaucoup avec l'état de netteté de la surface refroidissante. C'est pourquoi l'on observe une différence de 4 à 5 centimètres de vide entre le départ et l'arrivée des bateaux qui font une traversée de 15 à 20 jours.

Péclet évalue ce coefficient à 6,800 calories ; Thomas et Laurens, à 5,000 calories ; MM. Audenet et Risbec, ingénieurs de la marine, ont trouvé 2,500 calories, on supposant que l'eau de circulation ait une température de 10 à 12° au moment de son arrivée au condenseur.

En prenant ce dernier chiffre pour valeur de ce coefficient, M. Audenet a pu dresser le tableau suivant à l'aide de la formule

$$Ks\,P = \frac{630 - t}{t - \theta}(Ks + P),$$

formule dans laquelle K est le coefficient de conductibilité ; s, la surface réfrigérante ; P, le poids d'eau par kilogramme de vapeur ; t, la température de l'eau condensée ; θ, la température de l'eau de circulation à l'entrée.

Nombre de tours par minute	Puissance indiquée	Poids de vapeur condensée par heure	Surface réfrigérante par kilogr. de vapeur S	Volume d'eau par kilogramme de vapeur l	Température de l'eau de la bâche		
					observée	calculée	
						pour $\theta = 10°$ t	pour $\theta = 12°$ t
	chev.	kil.	m^2	litres	deg.	deg.	deg.
49	120	1.827	0.064	101	22	20	21.7
62	205	2.392	0.048	97	23	22.8	24.8
69	256	2.863	0.040	88	23	22.9	24.9
74	315	3.382	0.034	83	24	23	26
75	343	3.637	0.032	78	24	25	27
76	357	3.739	0.032	76	24	25	27
81	450	4.617	0.025	66	28	29	31
86	541	5.336	0.022	60	30	30.8	32.8
91	617	6.068	0.019	57	35	35	35

Ce tableau prouve que les suppositions faites doivent être très rapprochées de la réalité, puisque les températures calculées ne diffèrent que de 1 à 2° de la température observée ; il fait aussi ressortir l'inconvénient des pompes de circulation menées par les machines principales. Aux petites vitesses, l'eau de circulation est en excès, elle s'élève à 101 fois le poids de la vapeur condensée,

tandis qu'à la vitesse maximum le poids n'est plus que 57 fois celui de la vapeur ; la température de l'eau de condensation varie entre 22 et 35°.

Avec une pompe de circulation mue par un moteur spécial, on peut facilement conserver une température à peu près uniforme, en modifiant la vitesse de ce moteur d'après l'allure de la machine propulsive.

Nombre de parcours de l'eau de circulation. La section des tubes formant l'ensemble d'un condenseur à surface est beaucoup plus considérable que celle du tuyau d'arrivée de l'eau de circulation, cette eau ne se distribuerait donc pas également, elle prendrait le trajet le plus court pour

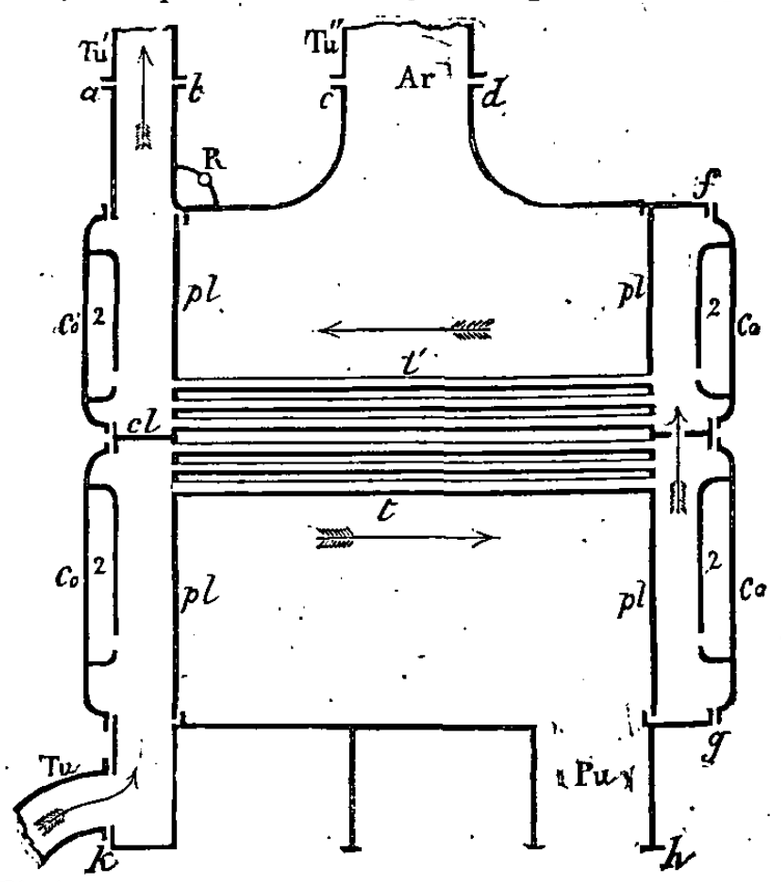


Fig. 451. — *Condenseur à surface à deux parcours.*

abcdfghk. Caisse en fonte. — *pl* Plaques de tête en bronze. — *t* Groupe de tubes du 1er parcours. — *t'* Groupe de tube du 2e parcours. — *Co* Coquilles. — 2 Poches à air venues de fonte avec les coquilles. — *Cl* Cloison horizontale pour la division des tubes en deux groupes. — *Tu* Tuyau d'arrivée de l'eau de mer. — → Parcours de l'eau condensante. — *T'u* Tuyau d'aspiration de la pompe de circulation. — *T"u* Tuyau d'évacuation. — *Ar* Arrivée de la vapeur d'évacuation. — *Pu* Puits dans lequel se rend la vapeur liquéfiée. (Ce puits est en communication avec la pompe à air au moyen de clapets en caoutchouc vulcanisé, qui s'ouvrent ou se ferment sous l'action de la pompe.) — *R* Robinet réparateur.

son écoulement, les rangées les plus basses seraient celles par où la circulation s'établirait le mieux. Pour obvier à ceci et pour éviter l'emploi de tuyaux trop gros, on fractionne les tubes en faisceaux que l'eau de circulation parcourt successivement en changeant de direction, et conséquemment de vitesse. A chaque angle du parcours il se forme un remous que la pompe doit surmonter pour imprimer une nouvelle direction à l'eau.

La figure 451 représente un condenseur à deux parcours. Les poches ménagées dans les coquilles remplissent le rôle d'un réservoir d'air.

Sur quelques bâtiments, les tubes sont divisés en 3 et même 4 faisceaux. La séparation des faisceaux entre eux est quelquefois obtenue par une ou deux arêtes rapportées contre une porte unique appelée coquille du condenseur, qui fait face à toute la plaque tubulaire.

Poids des condenseurs à surface. M. Audenet, dans son étude sur les condenseurs à surface estime :

Qu'avec des rapports du poids de circulation à la vapeur condensée de.	30	40	50 et 100
Il faudra par cheval indiqué une surface condensante, de . . . . . m^2	0.41	0.18	0.14 et 0.10
Entraînant un poids de. kil.	20.5	9	7 et 5

Les machines marines pèsent 180 à 200 kilogrammes par cheval indiqué, et le poids de l'eau de circulation est au moins de 40 fois celui de la vapeur ; le poids du condenseur entre donc pour environ 5 0/0 dans le poids de la machine, et pour le réduire de quelques centièmes, il faudrait augmenter très notablement la quantité d'eau de circulation, ce qui exigerait un surcroît assez important de force motrice.

Sur les torpilleurs français ou étrangers, la caisse du condenseur est un cylindre en laiton ou en cuivre rouge. La *Naïade* et l'*Iphigénie*, croiseurs français ; le *Nelson* et le *Northampton* et quelques autres navires anglais ont aussi une caisse en laiton. Le poids du condenseur est ainsi sensiblement diminué.

L'encombrement des condenseurs à surface est environ le double de celui des condenseurs par mélange.

Décharge accidentelle. Si pour une cause quelconque les tubes d'un condenseur fuient, l'eau de circulation sera attirée en partie dans le condenseur, le travail de la pompe à air sera augmenté de l'extraction de la quantité d'eau de mer introduite. Toute cette eau ne pourra pas être utilisée pour l'alimentation des chaudières, il faudra donc la faire évacuer ; la bâche est munie, à cet effet, d'un tuyau de décharge débouchant au-dessus de la flottaison, afin que l'on soit prévenu du fonctionnement de cette décharge. Ce tuyau est pourvu d'une soupape automatique.

Robinet réparateur. Relief valve, angl. Pour remédier aux pertes d'eau douce, dues aux fuites de vapeur par les presse-étoupes, les soupapes, etc., on ouvre de temps à autre un robinet dit réparateur, qui permet d'établir une communication entre l'eau de circulation et le condenseur. Les moments d'ouverture et de fermeture de ce robinet sont accusés par la hauteur qu'atteint l'eau dans un tube de niveau fixé contre la bâche. Une réparation trop abondante équivaut à une fuite par les tubes et fait fonctionner la décharge accidentelle.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES CONDENSEURS A SURFACE. Ce genre de condenseur permet l'emploi de l'eau douce dans les chaudières, il rend donc les extractions à peu près inutiles ; on réalise, de ce chef, une économie de 15 à 20 0/0 de charbon.

Le vide est généralement meilleur, surtout aux grandes allures, qu'avec les condenseurs par mélange ; sur le Drac et sur la Saône, dont les machines ont été fournies par M. Claparède, le vide s'est maintenu à 72 centimètres pendant les essais, parfois même il atteignait 73 ; les vides de 70 centimètres ne sont pas rares.

Le principal inconvénient des condenseurs à surface est d'amener dans les chaudières les graisses qui ont servi à la lubrification des organes intérieurs des machines et à celle de la vapeur même. Ces matières contiennent, pour la plupart, des principes acides qui exercent à l'intérieur des chaudières des actions corrosives parfois fort bizarres. — V. CORROSION.

Visite, nettoyage ou lessivage des condenseurs à surface. Ces condenseurs doivent être placés de telle sorte qu'on puisse sortir les tubes de leur caisse, lorsqu'on veut procéder à un nettoyage à fond. Les tubes sont alors essuyés extérieurement, puis on les plonge dans un bain d'acide chlorhydrique très étendu d'eau, pour dissoudre les sels qui peuvent s'être formés à l'intérieur. On les remonte ensuite et l'on s'assure qu'ils ne fuient pas, en remplissant le condenseur d'eau avant de remonter les coquilles; les presse-étoupes et les joints des coquilles doivent être très soigneusement faits.

Pour un nettoyage superficiel, on se contente de laisser arriver de la vapeur dans le condenseur, lorsqu'on prend son mouillage, après quelques jours de traversée. Le jet de vapeur est dirigé, par un robinet spécial, vers la partie supérieure des tubes; les graisses se fondent partiellement sous l'influence de la température et tombent au fond du condenseur, préalablement purgé d'eau, d'où on les retire par les portes de visite. Une méthode plus efficace consiste dans l'emploi du carbonate de soude dans la proportion de 40 à 50 grammes par litre d'eau contenue dans le condenseur; on chauffe cette solution jusqu'à 90 ou 100°, au moyen d'un robinet de vapeur aboutissant à la partie inférieure du condenseur; au bout de quelques heures de ce lessivage, les graisses sont dissoutes et on laisse écouler brusquement le tout dans la cale, en ouvrant la porte de visite la plus basse.

Les clapets et les bagues en caoutchouc supportent mieux le lessivage que le ramonage à la vapeur.

Nous indiquons dans le tableau suivant quelques données sur les condenseurs à surface de plusieurs bâtiments :

Données sur les condenseurs à surface de quelques bâtiments.

Noms des bâtiments	Espèce des bâtiments	Constructeurs	Force indiquée	Surface de grille	Surface condensante			Circulation d'eau		
					totale	par cheval indiqué	par mètre carré de grille	Nature de l'appareil (A)	Volume d'eau par heure : total	Volume d'eau par heure : par m² de grille
Tourville (1).	Croiseur.	Forges et chantiers.	7388	88.32	1256	0.17	14.2	4 Pompes rotatives.	4320	48.9
Amiral-Duperré (2).	Cuirassé de 1er rang.	—	6000	77.60	1200	0.20	»	— —	4800	62.0
Suffren.	—	Indret.	3615	59.20	720 0	0.20	12.1	2 Pompes ordinaires	2050	34 6
Rochambeau.	Cuirassé.	Américain.	5010	96.80	961.0	0.19	9.6	2 Pompes rotatives.	2310	23.8
Hercules.	Cuirassé anglais.	Pem and Sons.	8860	81.63	1870.0	0.21	22.9	4 Pompes rotatives.	7200	88.2
Annamite (3).	Transport.	Creusot.	2640	33.90	575	0.19	16.9	2 Pompes rotatives.	»	»
Résolue.	Frégate mixte.	Claparède.	665	8.04	175.9	0.25	21.9	2 Pompes ordinaires.	438	54.4
Dives.	Petit transport.	Indret.	617	8.10	117.6	0.19	14.7	— —	342	42 4
Torpilleurs.	Grand modèle.	Divers.	440	1.66	60.0	0.13	36.1	1 Pompe rotative.	«	»

(1) Le nombre des tubes des 4 condenseurs du « Tourville » est de 10,524; ils ont 2 mètres de long et 20m/m de diamètre extérieur.
(2) Force indiquée prévue.
(3) A 140 tours, la machine des rotatives développe 18 chev. 89; à 153 tours, la machine des rotatives développe 27 chev 99.
(A) Les pompes ordinaires sont mues par les machines principales. Les pompes rotatives sont conduites par un moteur spécial.

Numéro des machines	Puissance indiquée	Débit calculé de la pompe de circulation par cheval indiqué	Surface du condenseur par cheval indiqué	Poids de charbon brûlé par cheval indiqué	Condensation par mètre carré et par heure	Vide à l'indicateur	Pression dans le condenseur
			m²	kil.	kil.	millim.	kil.
1	793	647	0.33	1.268	30.70	660	0.100
2	825	1480	0.44	1.178	21.4	660	0.100
3	860	1010	0.33	1.178	28.6	660	0.100
4	1452	586	0.42	0.987	18.8	708	0.052
5	609	410	0.25	0.960	30.70	720	0.040
6	496	745	0.23	0.960	33.4	672	0.088
9	1237	424	0.207	0.942	36.4	695	0.065
10	2520	352	0.23	0.937	32.6	702	0.058
11	886	406	0.23	0.923	32.1	»	»
12	1394	515	0.27	0.910	26.9	634	0.126
13	1369	418	0.30	0.906	24.2	708	0.052
14	448	1450	0.37	0.906	19.6	»	»
16	858	1012	0.33	0.883	21.4	683	0.077
17	364	580	0.28	0.879	25.0	683	0.077
18	964	649	0.31	0.770	19.8	734	0.026
19	985	407	0.26	0.770	23.7	695	0.65

Voici, en outre, dans le tableau ci-contre, les chiffres qu'a relevés M. Mallet, d'après M. Bramwell, pour 19 paquebots anglais. La puissance indiquée est le résultat des courbes prises pendant une série de voyages; ce tableau donne donc des chiffres pratiques.

La surface de condensation est en moyenne de 0m²,305 par cheval indiqué, et la condensation par mètre carré et par heure ne s'élève qu'à 26k,60.

Nous verrons que la condensation par l'air humide peut donner des résultats sensiblement comparables.

L'usage de la condensation par surface, condition indispensable pour les machines marines s'est peu répandu pour les moteurs d'usines, à cause du prix élevé de ces appareils et de la rapide altération de la conductibilité de leurs parois. La présence du bicarbonate calcique dans l'eau condensante est une cause d'altération rapide de la conductibilité. Nous dirons plus loin les efforts qui ont été tentés pour la solution du problème.

Condensation par surface avec circulation d'air sec. La capacité calorifique de l'air n'est que les 0,24 de celle de l'eau, il en faudra donc un poids 4 fois plus grand pour absorber une quantité donnée de chaleur; sa mauvaise conductibilité conduit à exagérer les surfaces sur lesquelles on doit agir; cependant, dans le cas où l'eau manque complètement, on a songé à s'en servir comme agent de condensation.

C'est ainsi que les locomotives, sans foyer sont munies d'un condenseur à peu près identique à celui de Hall: la vapeur d'échappement se répand dans un faisceau de tubes autour desquels le mouvement de la locomotive établit un courant d'air très actif.

Pour parer à la mauvaise conductibilité des fluides, MM. Mignon et Rouart imaginèrent de les diviser en couches extrêmement minces; ils proposèrent l'application de ce principe pour les locomotives; nous ne croyons pas que ce projet ait été réalisé. Les conditions de vitesse convenable pour assurer le renouvellement de l'air et l'activité de la condensation, sont remplies par l'aérocondenseur de M. Fouché, dont l'usage est assez répandu.

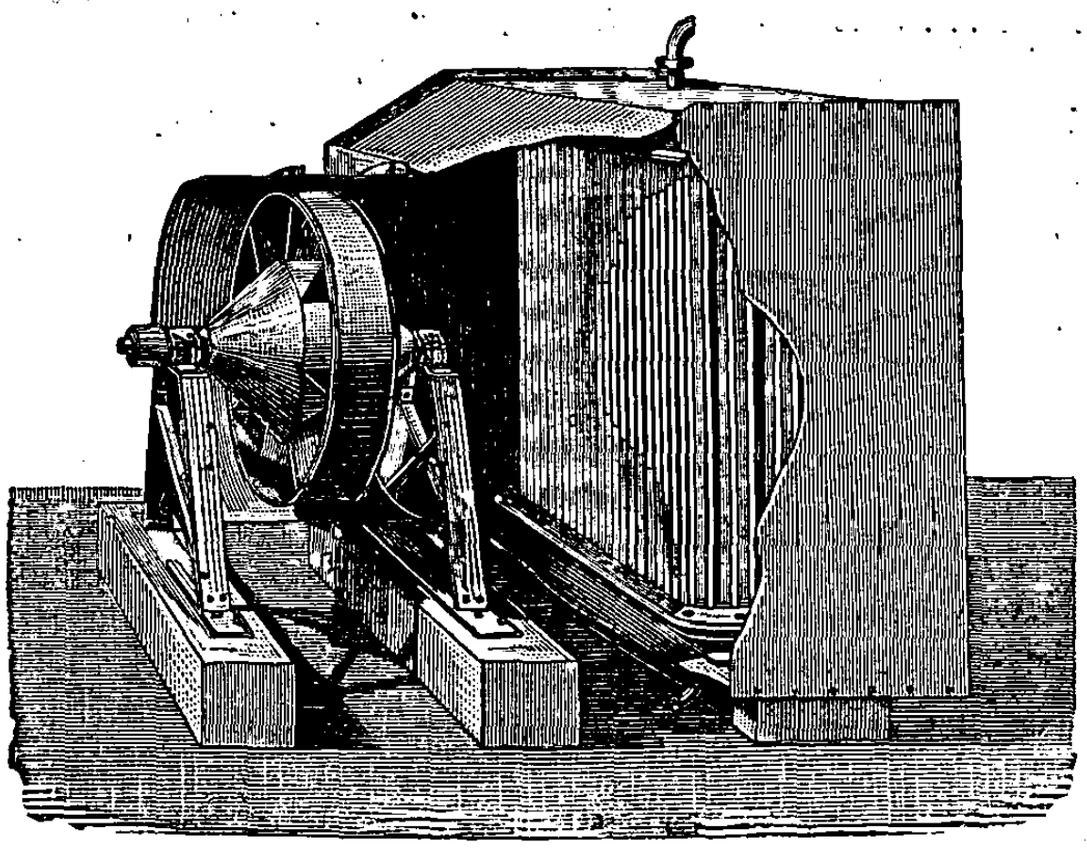


Fig. 452. — *Condenseur à air sec.*

Cet appareil se compose (fig. 452), comme le condenseur de Hall, de deux chambres reliées par un grand nombre de tubes en métal de petit diamètre. La vapeur, à sa sortie de la machine, pénètre dans la chambre supérieure et, de là, dans les tubes; l'eau condensée s'amasse dans la chambre inférieure, d'où elle est extraite par une pompe, en même temps que l'air qui, malgré toutes les précautions, a pu entrer par les assemblages.

Le condenseur est renfermé dans un canal rectangulaire en tôle, dans lequel un ventilateur détermine un courant d'air qui s'échauffe par son contact avec les tubes et emporte toute la chaleur dégagée par la vapeur.

Les différents éléments du condenseur à air se calculent par les formules :

$$S=\frac{M}{K(T-\theta)^{1,233}} \qquad V=\frac{M(1+0,00367t)}{1,293\times 0,2379(t'-t)}$$

Dans ces formules, S est la surface du condenseur; V, la vitesse de l'air; M, la quantité de chaleur à enlever; T, la température dans le condenseur; t, la température de l'air à l'entrée du condenseur; t', la température de l'air à la sortie du condenseur; θ, la moyenne $\frac{t+t'}{2}$; enfin K est un coefficient pour lequel M. Fouché a trouvé les valeurs suivantes, pour différentes vitesses du courant d'air.

Pour V=	1m,87	4m,30	4m,80
K=	14,15	23,9	26,8.

La vitesse de 4m,80 n'est pas dépassée dans la pratique; dans ces conditions, on obtient en hiver un vide de 60 à 65 centimètres de mercure; en été, pendant les grandes chaleurs, on n'obtient guère que 50 à 55 centimètres de vide.

Le travail nécessaire pour la motion du ventilateur est de 3 à 5 0/0 de la machine; celui de la pompe, dont le volume est égal à 10 fois la quantité d'eau à extraire, est d'environ 1/2 0/0 du travail de la machine, soit, par les deux engins, 3 1/2 à 5 1/2 0/0 de travail total, c'est-à-dire un peu moins qu'avec un condenseur à injection.

L'air chaud, à sa sortie du condenseur, peut restituer une partie de la chaleur qu'il a emportée, soit en opérant des séchages, soit en chauffant des ateliers; conséquemment, cet appareil doit être préférable au condenseur à injection toutes les fois que l'air chaud trouve son utilisation.

Condensation à air humide. La maison Cail, imitée plus tard par d'autres constructeurs, construit des condenseurs formés de longs tuyaux en fer ou en fonte, étagés les uns au-dessus des autres, arrosés par une circulation d'eau et exposés à l'action du vent.

Ce genre d'appareil donne des résultats assez satisfaisants, mais il est extrêmement encombrant, son effet dépend surtout de l'intensité du vent et la surface des tuyaux se couvre rapidement d'incrustations. Il ne s'est donc pas vulgarisé. M. Fouché a transformé son condenseur à air sec en un condenseur à air humide (fig. 453 à 455), qui, sous un faible volume, présente une grande puissance de condensation. Les rangées de tubes sont horizontales et ceux-ci sont disposés par lignes verticales; l'eau arrive sur la première rangée et s'écoule ensuite sur chacune des autres. Cette eau d'arrosage se réunit dans une bâche, d'où une pompe de circulation la puise pour la faire servir à nouveau. Une pompe à air extrait l'eau condensée.

Le ventilateur employé a la même forme que pour les condenseurs à air sec, mais il est beaucoup moins puissant et exige, par suite, moins de travail.

La chaleur de la vapeur se transmet avec une grande rapidité à l'eau d'arrosage. Les expériences de M. Fouché l'ont conduit à admettre le chiffre de 450 pour la valeur de K, dans la formule de MM. Dulong et Petit : $M = SK(T-9)^{1,233}$, ce qui signifie que pour un même écart de température, la rapidité de la transmission de chaleur est 20 fois plus grande dans ce cas qu'avec un courant d'air sec.

De ces mêmes expériences, M. Fouché a déduit les chiffres suivants :

Vide en centimètres de mercure.	54.5	57	60	63
Poids de vapeur condensée par mètre carré et par heure. . . .	40k	32	24	17

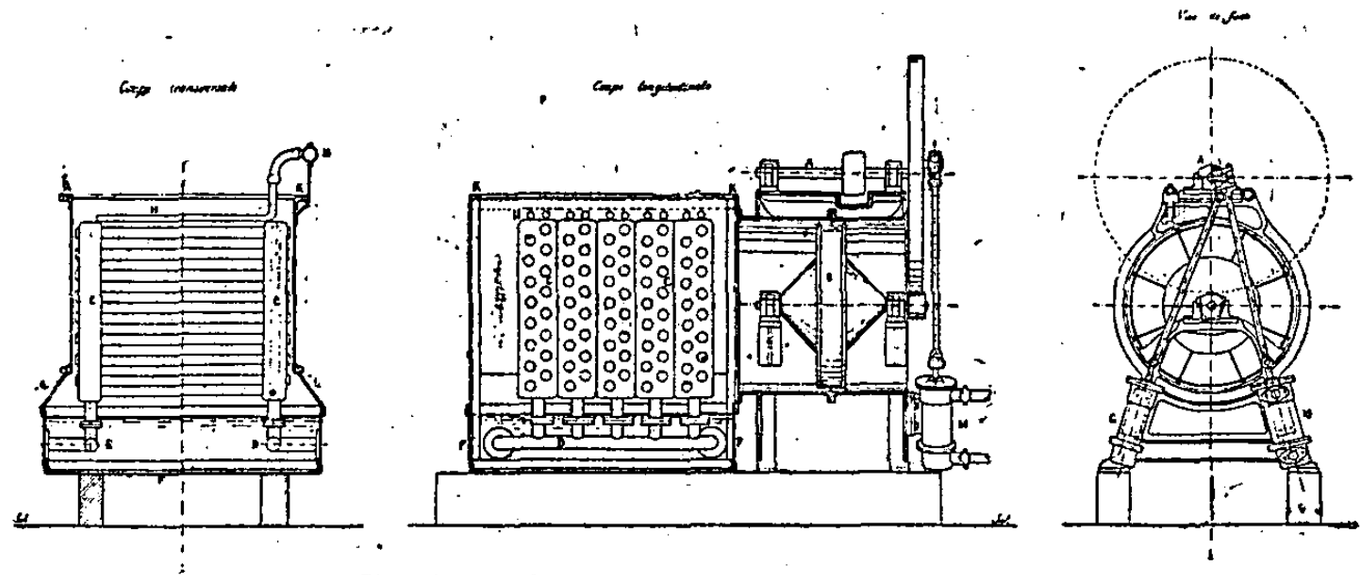


Fig. 453 à 455. — *Condenseur à air humide.*

10 mètres, ce qui correspond à une charge de 6,5 millimètres d'eau. Dans ces conditions, la pression du ventilateur est d'environ 10 millimètres d'eau, et le travail qu'il nécessite représente 2 1/2 0/0 de la machine, soit 3 0/0 y compris le travail de la pompe à air.

Le faible volume de ce condenseur et le peu d'eau qu'il consomme le rendent applicable aux machines locomotives ou locomobiles et aux machines fixes.

Il nous reste à mentionner l'emploi du condenseur par surface à *conductibilité constante*, de M. Dulac.

La vapeur à condenser circule en se tamisant au travers une couche de matière poreuse et combustible (le coke de houille ou de pétrole) ; grâce à l'abaissement de température de ce milieu, voisin des surfaces condensantes, l'huile reprend sa viscosité première et se fixe sur la matière poreuse. La vapeur, débarrassée des corps gras, pénètre dans le condenseur. Les tubes de ce condenseur sont verticaux, à dilatation libre et de gros diamètres (60 à 90 millimètres). Le condenseur est entièrement plongé dans un bac contenant l'eau condensante ; cette eau se déverse sur les parois internes des tubes condenseurs en passant au-dessous d'un organe distributeur qui règle l'admission du liquide en raison de la température et de la dilatation linéaire de chaque tube.

L'eau s'écoule en baignant les parois internes du tube sans le remplir ; l'épaisseur de la couche aqueuse varie de 1/2 à 1 millimètre, et la surface évaporatoire est égale à la surface condensante ; on peut donc faire circuler l'air au centre du tube, soit à l'aide d'un ventilateur, soit par différence de densité.

En outre, l'intérieur du tube étant accessible, même en marche, il est facile d'expulser chaque jour, par un simple écouvillonnage, les carbonates de chaux adhérents. Quant au combustible poreux, destiné à retenir les corps gras, il est renouvelé facilement en ouvrant les joints supérieurs et inférieurs de la capacité verticale qui contient cette matière ; ce combustible ainsi enrichi trouve un emploi industriel qui réduit à néant la dépense de la matière épurante. Tous les joints du condenseur et des tubes sont recouverts par l'eau, le poids d'eau condensante varie en raison inverse du volume d'air employé et peut au besoin être égal ou inférieur au poids d'eau condensée. Le distributeur règle automatiquement le volume d'eau nécessaire à chaque tube en raison du poids de vapeur condensée pour ce tube ; ce régulateur de l'eau condensante, la conductibilité constante des parois, la suppression des rentrées d'air sont les caractères distinctifs du condenseur Dulac.

La quantité d'eau dépensée pour ce condenseur est très faible, parce qu'au bout de peu de temps l'équilibre de température s'établit pour l'eau d'arrosage ; la même eau sert donc indéfiniment ; il n'y a d'autre perte que celle occasionnée par la quantité d'eau qu'emporte le courant d'air saturé de vapeur. Cette perte est d'environ les 3/4 du poids de vapeur condensée ; on peut donc dire que le condenseur à air humide n'exige pas d'eau ; puisqu'il fournit, par la condensation de la vapeur, plus d'eau que celle dépensée pour l'arrosage.

Les démontages sont rendus très faciles, afin de pouvoir enlever rapidement les incrustations et dépôts gras qui peuvent se former sur les tubes.

A la sortie du condenseur, l'air chaud doit être rejeté au dehors par une cheminée dans laquelle la vitesse de l'air doit être d'environ

* **CONDENSATION ÉLECTRIQUE ET MAGNÉTIQUE.** La condensation électrique est une action physique par laquelle on peut emmagasiner une

charge électrique dans de grandes proportions ; elle est produite par des appareils auxquels on a donné le nom de *condensateurs*, et le type le plus connu de ces condensateurs est la *bouteille de Leyde*, imaginée par Musschenbroek au commencement du siècle dernier.

La condensation électrique a été regardée longtemps comme une conséquence de l'électrisation par influence, et on admettait que, quand deux lames conductrices étant séparées par une lame de substance isolante, on venait à électriser l'une d'elles, celle-ci déterminait par influence sur l'autre une rupture d'équilibre de son état électrique naturel, laquelle rupture avait pour résultat d'attirer contre les surfaces de la lame isolante deux charges de noms contraires et de repousser extérieurement la charge de même nom. Par conséquent, si, en mettant la lame influencée en contact avec le sol, on écoulait cette charge de même nom, les deux charges attirées se trouvaient maintenues l'une par l'autre, et permettaient, par suite, d'accumuler un plus ou moins grand nombre de nouvelles charges, lesquelles en se superposant augmentaient la quantité d'électricité ainsi immobilisée.

Comme on le comprend, d'après ce simple exposé, il est impossible de donner à l'électricité ainsi condensée une *tension* supérieure à celle de la source qui a servi à fournir les charges influençantes, la *quantité* seule a varié, et cette distinction doit toujours être présente dans l'esprit si l'on ne veut pas commettre certaines erreurs qu'on rencontre quelquefois dans des travaux faits cependant par des hommes instruits.

Nous disions que la théorie de la condensation avait été regardée longtemps comme une conséquence de l'électrisation par influence ; mais les recherches qu'on dût entreprendre pour l'étude des câbles sous-marins montrèrent que le phénomène pouvait être considéré sous un autre aspect, et les recherches qu'on entreprit alors firent voir d'abord qu'il n'y avait pas, à proprement parler, de matières isolantes ; on reconnut même que les matières les moins isolantes développaient, dans certains cas, le phénomène de la condensation dans de plus grandes proportions, ce qui semblait être contraire à la théorie primitive. Enfin, on put se convaincre que, sous l'influence de la charge du condensateur, il se produisait trois effets successifs : 1° un effet d'accumulation ainsi que nous l'avons dit ; 2° un effet d'absorption de la charge par la surface de la lame isolante en contact avec la lame électrisée ; 3° une dérivation de la charge à travers la lame isolante, s'effectuant par une série de décompositions et recompositions électriques moléculaires et successives, d'une manière analogue à la transmission électrique par voie électrolytique (V. CONDUCTIBILITÉ). On reconnut encore que ces effets pouvaient aussi bien être produits par l'électricité dynamique que par l'électricité statique, et pour distinguer les deux effets, on donna à la condensation, résultant du passage d'un courant à travers l'une des lames du condensateur, le nom d'*induction électro-statique*. On se trouva, dès lors, conduit à considérer un câble électrique sous-marin ou souterrain comme un condensateur dans lequel l'armature interne était représentée par le fil conducteur du câble, la lame isolante par l'enveloppe de gutta-percha ou de caoutchouc qui le recouvre, enfin l'armature extérieure par la gaine métallique ou l'eau enveloppant tout le câble. Dans ces conditions, la grandeur de l'armature influençante est proportionnelle à la longueur du câble et, en conséquence, la charge du condensateur ainsi formé devient d'autant plus grande, que le câble est plus long et que l'enveloppe isolante est moins épaisse. On a même donné des formules pour représenter, dans ce cas, les valeurs de la charge condensée et la résistance de l'isolant, formules qui ont été très précieuses pour la télégraphie sous-marine et que l'on pourra trouver au mot INDUCTION ÉLECTRO-STATIQUE.

La condensation électrique dépend non seulement des éléments dont nous avons parlé précédemment, mais encore de la nature de l'isolant interposé entre les deux conducteurs métalliques auxquels on a donné, dans ce cas, le nom d'*armures* ou d'*armatures*. Suivant cette nature, la condensation s'effectue plus ou moins facilement, et, en raison de cette circonstance, on a été conduit à admettre que les corps isolants ou *diélectriques* avaient une *capacité électro-statique* plus ou moins grande. Plusieurs physiciens, en tête desquels nous devons citer Faraday, ont mesuré cette capacité électro-statique et ont trouvé pour les principaux diélectriques les chiffres suivants qui, dans la première colonne, ont été rapportés à celui de la capacité de l'air prise pour unité :

Air	1.00	0.0323 microfarads.
Résine	1.77	0.0572 —
Poix	1.80	0.0581 —
Cire d'abeilles	1.86	0.0601 —
Verre	1.90	0.0614 —
Soufre	1.93	0.0623 —
Gomme laque	1.95	0.0630 —
Caoutchouc	2.80	0.0904 —
Gutta-percha	4.20	0.1073 —
Mica	5.00	0.1620 —

On a reconnu de plus que la capacité électro-statique d'un diélectrique était en raison inverse de sa résistance et représentait, en quelque sorte, son *coefficient de conductibilité*, de sorte qu'en prenant les valeurs précédentes comme représentant des capacités électro-statiques *spécifiques*, on peut obtenir les valeurs des capacités électro-statiques d'un condensateur en renversant la formule représentant sa résistance. Ainsi, par exemple, la résistance R du diélectrique d'un câble sous-marin étant représentée par la formule :

$$R = r \log \frac{D}{d} \cdot \frac{1}{2\pi l}$$

dans laquelle r représente la résistance spécifique de l'isolant, D le diamètre de l'enveloppe isolante du côté extérieur, d le diamètre du fil conducteur, l la longueur du câble, sa capacité électro-statique F sera représentée par :

$$F = \frac{f}{\log \frac{D}{d}} \cdot 2\pi l.$$

et *f* représente ici la capacité électro-statique spécifique, de sorte que les deux formules ne diffèrent, en dehors de leur inversion, que par le coefficient des valeurs spécifiques.

D'après le système coordonné des unités électriques, établi par l'Association britannique et aujourd'hui accepté par tous les électriciens, la capacité électro-statique des corps est rapportée à une unité qui a été désignée sous le nom de *Farad;* mais comme cette unité, dans sa liaison avec les autres unités électriques, se rapporterait à un condensateur d'une très grande surface, on rapporte généralement les mesures à la millionième partie de cette unité qu'on appelle le *microfarad.* Voici comment l'unité de capacité électro-statique est définie dans le système anglais: « le farad représente la capacité d'un condensateur placé dans de telles conditions que la quantité d'électricité transportée par un volt (l'unité de force électromotrice) à travers une résistance d'un ohm (unité de résistance), le chargerait à la tension d'un volt. »

D'après cela, on a donc dû établir des condensateurs étalons basés sur cette définition, et, comme nous le disions, pour en rendre les dimensions pratiques, on les a construits de manière à ne représenter qu'un microfarad avec des sous-multiples décimaux de cette fraction d'unité.

La construction de ces condensateurs est très délicate, très longue et exige toute une installation particulière. Il n'y a guère qu'en Angleterre qu'on en trouve de très exacts, et c'est la maison Latimer Clark et Muyread qui en a la spécialité. Avec ces appareils on peut mesurer la capacité électrostatique de tous les condensateurs, et c'est avec eux qu'on a pu établir tous les calculs relatifs à la télégraphie sous-marine. Dans le tableau qui précède, nous donnons dans la seconde colonne, à droite, les valeurs en microfarads de la capacité spécifique des divers isolants rapportées à celle d'une plaque de 1 pied carré de surface et d'un millième de pouce d'épaisseur.

Les condensateurs jouent aujourd'hui un grand rôle dans les applications électriques. Sans parler des effets formidables que l'on obtient au moyen des batteries de bouteilles de Leyde que tout le monde connaît et qui ont tant occupé le monde savant dans le siècle dernier, on les emploie beaucoup aujourd'hui en télégraphie pour les transmissions en duplex, et dans les expériences de physique pour transformer les effets électriques. On peut, en effet, en modifiant le groupement des condensateurs, accroître à la fois et dans tel rapport que l'on veut, la tension et la quantité d'une charge électrique. Autrefois les batteries électriques étaient formées par des bouteilles de Leyde dont les armures homologues étaient réunies toutes ensemble de manière à ne faire qu'un seul condensateur d'une surface proportionnelle au nombre des bouteilles ainsi réunies. Mais on a pensé qu'en réunissant ces bouteilles de manière que l'armure intérieure de l'une corresponde à l'armure extérieure de l'autre, on pourrait augmenter la longueur de la décharge ou la tension proportionnellement à leur nombre, et on a alors eu le groupement que l'on a désigné sous le nom de *groupement en cascade.* Avec cette disposition la quantité d'électricité accumulée ne dépasse pas celle que l'on obtient avec une seule bouteille, puisque la surface des armures ne se trouve pas alors augmentée, mais la tension est grandement accrue. On peut encore, si cette surface ne suffit pas, grouper un plus ou moins grand nombre de bouteilles en quantité, c'est-à-dire par les armures homologues, et réunir en tension, c'est-à-dire par les armures dissemblables, un certain nombre de groupes ainsi formés. On obtient alors à la fois un accroissement dans la tension et la quantité de l'électricité ainsi accumulée. M. Planté a eu recours à un moyen de ce genre pour transformer l'électricité voltaïque en électricité statique. En chargeant en quantité une série de condensateurs avec le courant de ses piles secondaires réunies au nombre de 800, et déchargeant ces condensateurs après les avoir réunis en tension, il a pu obtenir des étincelles de 12 centimètres de longueur. Il a donné à sa batterie de condensateurs ainsi disposés le nom de *machine rhéostatique.*

On a encore fait intervenir d'une manière très heureuse les condensateurs dans la bobine de Ruhmkorff pour augmenter la longueur des étincelles qu'elle fournit. Dans cette application les armures du condensateur sont reliées au circuit primaire de la bobine des deux côtés de l'interrupteur.

Si un condensateur a son isolant constitué par une lame d'air, il constitue ce que l'on appelle le condensateur d'OEpinus, et si les armures de ce condensateur sont, en outre, appuyées contre des lames de verre, séparées par la couche d'air, on aperçoit dans l'obscurité, quand on le charge avec le courant induit de la bobine de Ruhmkorff, une véritable pluie de feu qui s'échange entre les deux surfaces de verre. Ce phénomène, découvert en 1854 par M. Th. du Moncel, est connu aujourd'hui sous le nom d'*effluve électrique* et a été le point de départ de beaucoup de travaux importants, entrepris par MM. Grove, Gaugain, Houzeau, Jean, Thénard, Berthelot, qui sont arrivés les uns, et en particulier M. Grove, à graver sur verre par l'effluve des dessins ou des photographies interposés entre les deux verres du condensateur, les autres à former de l'ozone en grande quantité, à provoquer certaines décompositions chimiques impossibles à réaliser avec d'autres méthodes, et même à produire la synthèse de quelques corps et leur solidification.

D'un autre côté, le condensateur, dans ses conditions les plus simples, a pu être employé comme récepteur téléphonique et ce n'est pas un de ses effets les moins remarquables, car avec le système Dolbear on a pu obtenir de cette manière la reproduction de la parole à longue distance.

La condensation électrique ou, si l'on veut, l'induction électro-statique joue un rôle considérable dans les transmissions électriques qui se trouvent, quand elle intervient, plus ou moins entravées. Elle allonge d'abord d'une manière notable la durée de la période variable de la propagation électrique et, par suite, la vitesse de trans-

mission des signaux ou effets que l'on réclame au bout du circuit, et, en second lieu, elle détermine des deux côtés de l'enveloppe isolante des charges statiques qui, par suite de liaisons à la terre, produisent des décharges secondaires capables de troubler tous les effets que l'on désire obtenir. On a proposé, pour éviter ces inconvénients, divers moyens dont nous parlerons à l'article INDUCTION ÉLECTRO-STATIQUE, mais dont le meilleur est fondé encore sur l'emploi de condensateurs aux deux extrémités du circuit.

Les effets dus à la réaction des deux charges électriques l'une sur l'autre à travers la lame isolante d'un condensateur et qui font que ces deux charges se maintiennent développées par leur réaction réciproque, se retrouvent dans les effets magnétiques. Ainsi on constate qu'un électro-aimant, mis en contact par ses deux pôles avec une armature de fer, développe, par suite de son aimantation par un courant, une réaction magnétique qui a pour effet de développer des deux côtés des surfaces de contact, des polarités moléculaires contraires qui se font équilibre au détriment de la distribution magnétique primitive, et qui se maintiennent développées indéfiniment, même lorsque la cause aimantante a disparu. Ces polarités se trouvent alors, comme les charges électriques, à l'état dissimulé, et cet effet est bien distinct du magnétisme rémanent dû aux impuretés du fer dont l'action est analogue à celle d'un aimant permanent. Cet effet peut bien exister en même temps que l'autre, mais il peut se reconnaître quand, après avoir détaché l'armature de l'électro-aimant, on la rapproche immédiatement. S'il y a de nouveau une forte adhérence, c'est du magnétisme rémanent que l'on constate; s'il n'y en a pas, ce qui arrive avec du fer doux, cette cause ne peut être invoquée, et la première réaction constatée est un effet analogue à celui qui se produit dans les condensateurs. Quoi qu'il en soit, il y a une si énorme différence d'adhérence dans les deux cas, qu'on ne peut l'attribuer au magnétisme rémanent seul, et l'action qui se trouve ainsi en jeu est ce que l'on appelle la *condensation magnétique*. Ce mot n'est peut-être pas bien approprié, car on ne constate guère d'accumulation d'énergie, mais le fait de la durée indéfinie du phénomène par suite de la réaction des polarités l'une sur l'autre, donne au phénomène une telle analogie avec ce qui se passe dans un condensateur électrique qu'on lui a donné le même nom.

On a donné plusieurs formes aux condensateurs, la plus connue est celle désignée sous le nom de *bouteille de Leyde*. C'est une sorte de jarre à l'intérieur de laquelle on introduit du clinquant métallique qui est adhérent à une tige métallique traversant le bouchon de la jarre et terminée par une boule. Cette tige et ce clinquant en constituent l'armure interne. Sur la partie extérieure de la jarre est collé jusqu'à une certaine hauteur du papier d'étain qui constitue l'armure externe et pour mieux isoler les deux charges, on vernit à la gomme-laque le haut de la jarre et le bouchon.

Dans une batterie de Leyde, les jarres sont placées dans une boîte et appuient sur des lames métalliques communiquant avec une boule métallique adaptée à la caisse, et toutes les tiges des armures internes sont réunies à une boule centrale qui forme avec l'autre boule les deux points où l'on doit appliquer l'excitateur de la décharge. Cette disposition est la batterie de quantité.

Dans la batterie en cascade, les bouteilles sont placées sur des supports isolés sur des pieds en verre, et la tige sortant du bouchon de chaque bouteille est réunie au support sur lequel la bouteille suivante est appuyée, de sorte que les deux boules où l'on provoque la décharge sont aux deux extrémités de cette espèce de chaîne, absolument comme dans une pile montée en tension.

Quelques physiciens et, en particulier M. Masson, ont employé, au lieu de bouteilles de Leyde, des condensateurs plats formés par des carreaux en verre gomme-laqués, recouverts sur leurs deux surfaces de papier d'étain excepté sur une bande de 3 à 4 centimètres le long des bords du verre, et pour empêcher la décharge de passer à travers ces bords, ils recouvraient les bords du papier métallique d'une nervure de poix, de cire ou de paraffine. Pour en faire une batterie, ils plaçaient, les unes à côté des autres, ces lames dans une caisse, réunissant ensemble les lames métalliques d'un même côté sur lesquelles on ménageait à cet effet une petite bande.

D'autres physiciens employant un moyen analogue, substituaient aux lames de verre des lames de mica ou de papier paraffiné, ils serraient le tout dans la caisse et la remplissaient entièrement de paraffine fondue. Les condensateurs anglais sont construits de cette manière, et sur le sommet de la caisse se trouvent ordinairement des commutateurs à bouchons permettant de prendre sur le condensateur des fractions plus ou moins grandes de la surface totale. Les condensateurs étalons de MM. Clark et Muirhead sont ainsi disposés. Quelquefois encore ces commutateurs permettent d'introduire des résistances métalliques entre certains groupes de lames du condensateur. Enfin, quelquefois, on emploie des condensateurs dont les armures sont découpées en spirales plates et tenues de manière à présenter une grande résistance et à reproduire exactement les effets électro-statiques qui se développent sur les câbles sous-marins.

Les condensateurs employés en téléphonie sont de petits condensateurs à lames de papier renfermant une trentaine de lames d'étain réunies par les armures homologues et aboutissant à deux plaques de cuivre où l'on attache les fils du circuit. Ces lames sont enveloppées dans une sorte d'étui en carton ou en bois, percé d'un trou sur une de ses faces. Dans le système Dolbear, le condensateur est composé de disques métalliques, éloignés l'un de l'autre d'un demi-millimètre et portant d'un côté une embouchure téléphonique, de l'autre une vis de réglage pour immobiliser un des deux disques et régler l'épaisseur de la couche d'air interposée.

Les condensateurs des bobines de Ruhmkorff

sont généralement faits avec de la toile cirée repliée avec les bandes de papier d'étain formant armures.

Enfin, les condensateurs des appareils d'expériences sont généralement adaptés à des électromètres dont ils couronnent la partie supérieure; ils se composent le plus souvent de deux plateaux métalliques, recouverts d'une couche de gomme laque qui constitue l'isolant, et l'un de ces plateaux est fixé au support de l'électromètre, alors que l'autre, muni d'un manche de verre, est mobile. Quelquefois, on interpose entre ces deux plateaux un troisième pour augmenter la puissance accumulatrice du condensateur. — T. D. M.

CONDENSEUR. *T. de mach.* Capacité close et privée d'air, placée dans le voisinage du cylindre des machines et dans laquelle se rend la vapeur d'échappement, pour y être liquéfiée par une action réfrigérante quelconque. Cet appareil est pourvu d'une pompe à air qui entretient le vide par l'extraction des fluides liquides ou gazeux qui affluent dans l'appareil. Un indicateur du vide est le complément indispensable de tout condenseur. — V. CONDENSATION.

CONDITION. Les établissements, dits de *condition* ou *conditions*, sont ceux dans lesquels on pratique officiellement le conditionnement des matières textiles. — V. l'art. suivant.

Les villes dans lesquelles sont établies des conditions publiques en Europe sont: Amiens, Ancône, Aubenas, Avignon, Bâle, Bergame, Brescia, Côme, Crefeld, Elberfeld, Fourmies (en formation), Ganges, Gênes, Lecco, Londres, Lucca, Lyon, Manchester, Marseille, Milan (3 établissements), Montélimar, Mulhouse, Nîmes, Paris, Pesaro, Privas, Reims, Roubaix, Saint-Etienne, Tarare (en projet), Tourcoing, Trente, Turin (3 établissements), Udine, Valence, Vienne, Zurich, Florence, et Canton, en Chine. Les tarifs appliqués en France sont: pour la soie 2 fr. 60 jusque 20 kilogrammes et 14 centimes par kilogramme au-dessus de ce poids; pour la laine brute lavée et la laine peignée 3 francs jusqu'à 100 kilogrammes et 5 centimes par kilogramme au-dessus de ce poids; pour la laine filée et la laine filée-cardée, 4 francs jusqu'à 100 kilogrammes et 4 centimes par kilogramme au-dessus de ce poids; enfin pour le coton 1 fr. 50 jusqu'à 100 kilogrammes et 1 centime par kilogramme au-dessus de ce poids.

Un grand nombre des établissements que nous venons de nommer ne se contentent pas seulement de conditionner les matières textiles, mais ils pratiquent encore, quand on le leur demande, le *décreusage*, c'est-à-dire la détermination du poids réel du textile, abstraction faite, outre l'eau, des matières étrangères qu'il peut contenir, et le *titrage*, c'est-à-dire la détermination du numéro de la matière textile lorsqu'on la livre à l'état de fil. Lyon prescrit pour le titrage des soies depuis 1873, 2 fr. 50 pour la soie ouvrée et 5 fr. 50 pour la soie grège, Roubaix exige pour le décreusage 2 francs par preuve. — A. R.

***CONDITIONNEMENT.** On donne le nom de *conditionnement* à l'opération qui consiste à déterminer l'état hygrométrique dans lequel se trouve un textile, de manière à fixer la quantité qui a pu y être ajoutée artificiellement et à le ramener à sa *condition ordinaire* et marchande.

1° Conditionnement de la soie. La soie est une substance très hygrométrique, qui, dans son plus grand état de siccité à l'air libre, ne renferme pas moins de 8 0/0 de son poids d'eau et peut en contenir jusqu'à 15 0/0, sans cependant paraître mouillée.

De là la nécessité de tenir compte, dans les transactions d'une matière étrangère, sans valeur aucune, qui fausse constamment le poids de ce textile. Telle a été l'origine du conditionnement. Ce mot, que l'usage a francisé sinon encore l'Académie, dérive du verbe « *conditionner* » qui signifie « *donner les qualités, la forme, la couleur, etc., requises.* » La soie conditionnée est donc ce qu'est tout produit bien conditionné, c'est-à-dire présentant toutes les conditions voulues. La « *stagionatura* » mot par lequel les Italiens désignent cette opération veut dire « *mise en état normal* ».

— L'Italie, terre classique de la soie, a été le berceau du conditionnement de cette précieuse matière. C'est à Turin que fonctionna la première condition des soies. Elle fut fondée, en l'an 1750, par ordonnance du roi de Sardaigne qui voulait établir *sur tous les points de son royaume la confiance du commerce des soies parmi ses sujets.*

Le procédé consistait à suspendre, dans une grande salle à quatre cheminées d'appel, les soies, divisées en parties égales à des crochets en fer appliqués aux murs.

Le 2 juin 1779, le citoyen Rast-Maupas dota la ville de Lyon d'un établissement analogue à celui qui fonctionnait à Turin. La soie était disposée dans des caisses de 2 mètres de hauteur sur $0^m,80$ de largeur et $0^m,17$ de profondeur. Sauf les montants, chaque caisse était constituée par un grillage métallique permettant la libre circulation de l'air. Onze tiroirs à coulisse également grillagés étaient destinés à recevoir les soies. La surface que chaque ballot présentait à l'évaporation était par le fait, de 25 mètres carrés, correspondant à l'espace d'une chambre moyenne.

M. Rast-Maupas, ne pouvant être considéré comme un inventeur, on ne saurait du moins lui contester le mérite d'avoir importé et perfectionné une institution utile. A ce titre son nom devait être sauvé de l'oubli : c'est avec justice qu'il a été donné à une rue de la Croix-Rousse à la suite d'une délibération prise en 1858 par le Conseil municipal de Lyon.

M. Rast-Maupas, ayant vainement sollicité un monopole des pouvoirs publics, plusieurs établissements rivaux s'installèrent à côté du sien. Chacun d'eux avait ses pratiques spéciales et ne suivait d'autre règle que ses intérêts particuliers. L'anarchie était complète, aussi bon nombre d'expéditeurs d'Italie refusaient d'envoyer leurs soies sur le marché de Lyon.

Le 23 germinal an XIII (13 avril 1805), l'empereur Napoléon, se rendant à Milan, pour s'y faire couronner roi d'Italie, signa à Lyon le décret qui, supprimant les conditions privées, conférait à la Chambre de commerce le monopole du conditionnement de la soie. Ce décret fixait l'indemnité à payer aux conditionneurs dépossédés et réglait le mode d'administration de la nouvelle institution. C'est le 29 vendémiaire an XIV (20 octobre 1805) qu'eurent lieu la fermeture des conditions privées et l'ouverture de la condition unique et publique des soies de Lyon, sur la place Saint-Pierre.

Le mode de procéder ne différait pas, en principe, de celui adopté par M. Rast-Maupas; il en présentait tous les inconvénients: Par un vent du nord et un temps sec, la dessiccation était très sensible : le vendeur se trouvait lésé. Le vent soufflait-il du midi, c'était l'acheteur qui avait à souffrir dans ses intérêts. L'établissement fonctionnait à peine depuis quelques années que des plaintes nombreuses étaient dirigées contre ses pratiques. Les premières méthodes, importées d'Italie, étaient vicieuses; c'est à la France qu'était réservé l'honneur de leur substituer d'autres méthodes offrant le caractère d'une précision scientifique. Ce fut le 4 août 1831; que M. Talabot présenta à la Chambre de commerce, l'exposé de ses procédés pour la refonte du mode de conditionnement.

La solution de M. Talabot consistait à déduire le poids conditionné d'une balle de soie du poids conditionné d'un échantillon obtenu par la dessiccation absolue; le chauffage de l'appareil se faisait à la vapeur.

Les essais du procédé Talabot ne durèrent pas moins d'une dizaine d'années ? Ce fut le 20 décembre 1841 que l'organisation nouvelle entra en vigueur. Dans l'appareil Talabot, l'échantillon photographie au point de vue hygrométrique de la balle, était desséché en vase clos ; les épreuves exigeaient un temps considérable. Frappé de ces inconvénients, M. J. Persoz, professeur au Conservatoire des arts et métiers, eut l'idée de faire agir directement sur la soie un courant d'air porté à la température de 110° centigrades. Dans la pensée de ce savant, ce courant d'air devait produire la dessiccation par la chaleur qu'il renfermait et par la vitesse dont il était animé. La pratique réalisa, de point en point, les espérances que faisait concevoir la théorie. M. Talabot fut le premier à reconnaître qu'une amélioration notable avait été apportée à ses procédés. Mû par un sentiment de délicatesse, tout à son honneur, M. Persoz tint à ne présenter sa découverte au public que comme un perfectionnement de celle du célèbre ingénieur. Il voulut aussi qu'à ces deux noms fût associé celui du constructeur qui avait su comprendre et traduire sa pensée. Les nouveaux appareils qui, à l'heure actuelle, fonctionnent presque exclusivement dans toutes les conditions françaises et étrangères reçurent le nom de *Dessiccateurs Talabot-Persoz-Rogeat*.

Sans entrer dans la description détaillée de cet ingénieux appareil, nous l'aurons fait suffisamment comprendre en disant qu'il se compose essentiellement de 2′ cylindres concentriques entre lesquels sont placés 32 tubes verticaux en cuivre. L'air chaud, amené d'un calorifère, s'élève par ces tubes, plonge dans l'étuve par la partie supérieure du cylindre intérieur, le parcourt de haut en bas en desséchant la soie, après quoi il se rend à une cheminée d'appel. Une soupape qui se manœuvre de l'extérieur permet de modérer le courant d'air et de l'intercepter complètement, précaution indispensable au moment de la pesée finale. — V. DESSICCATEUR.

Le conditionnement d'un ballot de soie s'opère comme il suit. Il est, à l'arrivée, pesé à une balance à bassins, à bras égaux, donnant une précision de 2 décagrammes. Après quoi il est prélevé, sur tous les points de la masse, 3 échantillons de 500 grammes chacun; cette opération exige les soins les plus minutieux, ces échantillons devant servir de base au conditionnement proportionnel dont le résultat sera reporté, par le calcul, sur le ballot entier. La balle est ensuite mise dans une sache spéciale plombée, scellée et tenue à la disposition du déposant. Aussitôt après leur extraction, les lots d'épreuves sont pesés à une balance de précision. Reste à déterminer le poids auquel les réduira la dessiccation absolue. Il n'est plus besoin d'opérer immédiatement, les lots peuvent reprendre ou perdre de l'humidité, cela est sans importance.

Les matteaux des deux premiers lots sont dépliés et disposés autour de cercles en cuivre et plongés dans les étuves. Des tiges articulées relient ce cercle avec les balances de précision dont chaque appareil est muni. Un orifice percé au centre du couvercle qui ferme l'étuve permet le libre passage de la tige. Le lot en expérience reste dans le milieu chaud et sec jusqu'à ce que la balance n'accuse plus aucune déperdition de poids. A ce moment, l'opérateur ferme la soupape pour empêcher l'introduction du courant d'air chaud qui, agissant sur la soie, en altérerait le poids vrai. Les poids absolus des deux lots éprouvés sont consignés sur un bulletin spécial, en regard des poids primitifs trouvés au moment du prélèvement. Si l'état hygrométrique diffère de plus d'un 1/2 0/0 d'un lot à l'autre, le troisième lot, laissé en réserve est, à son tour, soumis à la dessiccation. Un calcul élémentaire permet de déduire du poids absolu des lots le poids absolu du ballot.

Ce n'est pas ce poids absolu qui sert de base aux transactions. La soie n'existe jamais naturellement à l'état anhydre : aussi prétendre asseoir les opérations commerciales sur un poids toujours impossible à reproduire, c'eût été leur donner un point de départ essentiellement fictif et dans la plupart des cas, inintelligible. On a été ainsi naturellement conduit à ajouter au poids absolu un quantum fictif qui donnât un poids vénal se rapprochant, autant que possible, de celui de la matière dans son état le plus régulier. De très nombreuses expériences ayant établi que la soie normale renfermait 10 0/0 d'humidité et cette proportion étant très sensiblement celle que la soie retenait au sortir des conditions primitives, l'hésitation n'était pas possible sur le taux de reprise à adopter. Ce taux se trouvait tout naturellement indiqué par la proportion suivante

$$90 : 10 :: 100 : x \text{ d'ou } x = 11,11.$$

Pour simplifier les calculs on s'en tint à 11 0/0. La solution avait le double mérite de donner des poids marchands pouvant toujours être approximativement reproduits et de faciliter la transition de l'ancien au nouveau mode de conditionnement.

Le poids conditionné ou poids marchand de la soie est ainsi le poids absolu augmenté de la reprise conventionnelle de 11 0/0.

Bien que le conditionnement de la soie n'ait aucun caractère obligatoire, il est tellement entré dans les usages commerciaux qu'aucune transaction n'échappe à ce contrôle. Aussi les conditions

se sont-elles multipliées rapidement, tant en France qu'à l'étranger. En France la plupart de ces établissements sont administrés par les Chambres de commerce, il en est quelques-uns qui relèvent de l'autorité municipale. En Italie le conditionnement est libre ; Milan compte trois institutions rivales ; il en est de même à Turin. Pour donner une idée de l'importance de cette industrie nous ne pouvons mieux faire que de présenter au lecteur les tableaux résumant pour les deux dernières années; le travail des conditions de France et de l'étranger.

Mouvement comparatif des conditions françaises pendant les années 1879 et 1880.

Villes	1879			1880			Différence centésimale en 1880
	Soies grèges	Soies ouvrées	Total	Soies grèges	Soies ouvrées	Total	
Amiens	»	2.187	2.187	»	1.401	1.401	—35.93
Aubenas	139.586	116.671	256.257	137.841	113.459	251.300	—1.93
Avignon	87.271	134.724	221.995	97.496	131.616	229.112	3.20
Lyon	2.398.087	2.051.443	4.449.530	2.445.439	2.207.096	4.652.535	4.56
Marseille	310.425	»	310.425	241.962	»	241.962	—22.05
Montélimar	25.117	23.726	48.843	14.274	17.136	31.410	—35.69
Nîmes	8,675	2.379	11.054	8.373	2.243	10.616	—3.96
Paris	273.101	187.495	460.596	270.144	205.919	476.063	3.35
Privas	25.550	24.536	50.086	32.940	21.168	54.108	8.03
Reims	»	»	»	»	»	»	»
Roubaix	»	7.950	7.950	»	3.997	3.997	—49.72
Saint-Etienne	271.523	640.543	912.066	244.081	568.845	812.926	—10.86
Tourcoing	»	»	»	»	»	»	»
Valence	46.730	29.539	76.269	56.291	26.010	82.301	7.90
	3.586.065	3.221.193	6.807.258	3.548.841	3.298.890	6.847.731	0.59

Mouvement comparatif des conditions étrangères pendant les années 1879 et 1880.

Villes	1879			1880			Différence centésimale en 1880
	Soies grèges	Soies ouvrées	Total	Soies grèges	Soies ouvrées	Total	
			Allemagne.				
Créfeld	»	436.293	436.293	»	434.091	434.091	—0.50
Elberfeld	»	189.769	189.769	»	188.197	188.197	—0.82
			Angleterre.				
Londres	12.167	36.712	48.879	15.615	38.589	54.204	10.89
			Autriche.				
Vienne	9.261	94.224	103.505	8.045	95.614	103.659	0.14
			Italie.				
Ancone	14.275	»	14.275	15.220	»	15.220	6.61
Bergame	86.298	57.823	144.121	98.501	41.849	140.350	—2.61
Brescia	23.604	782	24.386	14.627	368	14.995	—38.50
Come	23.526	126.314	149.840	24.671	123.838	148.509	—0.88
Florence	49.314	230	49.544	101.714	1.671	103.385	108.67
Gênes	3.021	7.996	11.017	4.022	4.787	8.809	—20.04
Lecco	31.315	119.910	151.225	40.970	106.602	147.572	—2.41
Milan	1.178.375	1.602.810	2.781.185	1.205.070	1.642.720	2.847.790	2.39
Pésaro	12.349	»	12.349	7.476	»	7.476	—39.46
Turin	287.458	456.745	744.203	239.087	445.599	684.686	—7.99
Udine	22.670	6.855	29.525	29.780	6.570	36.350	23.11
			Suisse.				
Bâle	19.262	274.849	294.111	20.544	240.739	261.283	—11.16
Zurich	36.666	633.281	670.047	35.230	543.998	579.228	—13.55
	1.809.661	4.044.613	5.854.274	1.860.572	3.915.232	5.775.804	—1.34

2° **Conditionnement de la laine.** Reims, à son tour, sentit la nécessité d'étendre aux laines en masse le bénéfice du conditionnement, ces matières pouvant arriver à fixer jusque 30 0/0 de leur poids d'eau par leur seule exposition dans des endroits humides. Une assemblée spéciale, analogue à celle qui s'était tenue à Lyon pour les soies, fixa d'abord 15 0/0, chiffre qui fut confirmé par un décret du 20 juillet 1853, puis un second décret du 1er janvier 1867 l'éleva à 17 0/0. Toutefois, ces reprises ont dû être regardées comme complètement illusoires, la tolérance

admise généralement en pratique étant à 18 1/4 0/0 de l'absolu. Aussi, en mars 1867, était-il demandé, dans une lettre adressée par 40 commerçants au président de la Société industrielle de Reims, qu'un décret nouveau et définitif fixât d'une manière précise le chiffre d'après lequel on devrait opérer : « Presque toutes les opérations en laines peignées faites depuis 1853, — est-il dit dans la lettre de Reims — l'ont été à l'ancien taux de reprise, soit 18 1/4 0/0, une ou deux maisons seulement ont demandé le conditionnement à 17 0/0. Les soussignés, tous d'accord pour maintenir le taux de 18 1/4, qu'ils considèrent comme le seul vrai et le seul admissible, viennent vous prier, M. le président, de vouloir bien faire connaître leur résolution à la Société industrielle, et ils désirent ardemment, afin de faire cesser toute hésitation dans les transactions, et afin de ne pas être en désaccord continuel avec le nouveau décret, que le taux de 18 1/4 soit seul reconnu comme légal. »

Malgré ces protestations, le chiffre de reprise de la laine est encore aujourd'hui fixé suivant la moyenne des climats ; le chiffre des 17 0/0 a été regardé comme véritable à Paris, où les gares et les entrepôts sont le mieux aménagés et où les stocks sont moins exposés à attendre, mais il a été regardé à Roubaix comme complètement illusoire et maintenu à 18 1/4. Dans cette dernière ville, certains industriels compétents avaient depuis longtemps émis l'opinion que les laines, pour être titrées, devaient se trouver au préalable débarrassées de toute substance hygrométrique elle-même et que les méthodes de conditionnement, proposées tout d'abord pour les soies, lui seraient indûment appliquées. C'était ce qui avait fait dire de ces matières ce qu'avait dit des huiles de commerce M. Maumené : « Leur altération est la règle, leur pureté l'exception ». Les laines contenaient, disait-on, des matières qui avaient la propriété de fixer l'eau, d'en retarder le point d'ébullition, et d'en abaisser la tension de vapeur à toutes les températures ; il suivait de là que la dessiccation à l'absolu était rendue impossible, et que le conditionnement, ne dosant qu'une partie de l'eau contenue dans le textile, n'atteignait pas alors son but légal.

Il n'y a pas longtemps que cette réforme, dont la priorité revient à M. Auguste Féron, membre de la chambre syndicale de Roubaix, a été mise à exécution, car elle ne date pour Roubaix, la première ville qui l'ait appliquée, que du 20 octobre 1873. Un service spécial est organisé maintenant à la condition publique de cette ville pour le rinçage et le dégraissage *facultatifs* des échantillons prélevés pour le conditionnement.

A ce sujet, les administrations du bureau de conditionnement de la ville ont adressé aux intéressés une circulaire dans laquelle se trouvent parfaitement résumés les principes de la nouvelle méthode et que nous croyons nécessaire de relater : « Différents procès, y est-il dit, ont attiré l'attention de l'administration sur les surcharges qui peuvent exister dans les matières textiles soumises au conditionnement hygrométrique et qui faussent, dans ce cas, l'appréciation des quantités de matières textiles loyales et marchandes. De leur côté, la chambre de commerce et la chambre syndicale industrielle de Roubaix se sont émues des faits révélés et ont exprimé le vœu de voir apporter un remède contre ces éventualités. Le comité consultatif des arts et manufactures de Paris, consulté sur ce point par M. le ministre de l'agriculture et du commerce, a reconnu « qu'indépendamment du conditionnement qui rend compte de l'état hygrométrique des textiles, il y a une utilité réelle à donner au commerce des renseignements aussi approximatifs que possible sur les quantités de substances étrangères dont les textiles peuvent être chargés. » Il est évident qu'en instituant des établissements publics spéciaux pour le conditionnement des soies, des laines et des cotons, le gouvernement a voulu moraliser les transactions commerciales en donnant aux intéressés les moyens de faire déterminer, d'une manière approximative, l'état hygrométrique de ces textiles considérés comme *purs* de substances étrangères.

Il semble donc résulter que, si le conditionnement par l'absolu est satisfaisant quand on l'applique à des textiles purs tels qu'a dû les considérer l'auteur de la méthode, il peut être insuffisant, dans certains cas, lorsqu'aux textiles se trouvent additionnées des substances étrangères chargeantes qui, en augmentant le poids, donnent une appréciation erronée du poids marchand.

Le dosage des impuretés contenues dans les textiles paraissant être un moyen rationnel de lever les difficultés, les administrateurs de la condition publique de Roubaix ont l'honneur de porter à la connaissance du commerce et de l'industrie que, d'accord avec l'administration municipale, un service spécial a été organisé à la condition publique de cette ville pour le rinçage et le dégraissage facultatifs des échantillons prélevés pour le conditionnement.

Comme il importe peu, pour le règlement des intérêts du vendeur et de l'acheteur, que la réduction du poids primitif de la marchandise au conditionnement porte, soit sur un *excès d'eau*, soit sur des *substances étrangères chargeantes*, introduites artificiellement, volontairement ou involontairement, le *dosage* à la condition publique de Roubaix sera *fait en masse*. Il sera fait de la manière suivante, sur une demande insérée dans le bulletin d'envoi à la condition publique :

Aussitôt prélevé et pesé avec précision, chaque échantillon, avant d'être exposé dans l'appareil dessiccateur, subira l'un des deux traitements ci-après, selon la volonté exprimée ;

1er *traitement* ; rinçage pur et simple : Rinçage dans deux bains d'eau filtrée et neutralisée, chauffée à 30° pour éliminer les matières solubles à l'eau.

2e *traitement* ; rinçage et dégraissage : 1° Rinçage dans un bain d'eau chaude filtrée et neutralisée ;

2° Passage dans un bain d'eau chaude aiguisée d'acide chlorhydrique pour décomposer les savons à bases de chaux et de magnésie qui peuvent se ren-

contrer sur la fibre et pour mettre les acides gras en liberté, afin de les rendre solubles dans un bain au carbonate de soude ;

3° Rinçage à l'eau chaude filtrée et neutralisée ;

4° Passage dans un bain d'eau chaude additionnée de carbonate de soude à 1° Baumé ou dans un bain de savon ;

5° Rinçage à l'eau tiède filtrée et neutralisée.

Ce dosage en masse apportera une amélioration considérable en permettant la constatation d'un poids plus vrai, par l'expulsion des substances étrangères avant la dessiccation absolue. Il permettra en outre l'apport au conditionnement :

1° Des laines brutes et des blousses ;

2° Des laines peignées, huilées et glycérinées pour le continu ;

3° Des fils de laine cardée gras qui ne peuvent être conditionnés actuellement ni au point de vue hygrométrique, ni au point de vue du numéro du fil à cause de la surcharge en gras et de son irrégularité.

On comprend facilement que le rapprochement du *poids primitif* d'un échantillon avant tout traitement, et du *poids absolu* du même échantillon purgé, indiquera, par différence, l'importance en masse, et de l'eau et des substances étrangères enlevées. Toutefois, il est bien entendu que cette opération additionnelle n'a aucun caractère officiel : entièrement facultative, elle est laissée à l'appréciation du commerce et de l'industrie. En conséquence, quand il y aura lieu, une mention sur le bulletin de conditionnement indiquera que cette opération complémentaire a été faite et le nom de la personne qui l'aura demandée sera mentionné. »

Il nous était nécessaire, à cause de leur importance, de mentionner ces manipulations additionnelles et toutes spéciales du conditionnement des laines. Nous ne ferons à ce sujet qu'une observation, c'est qu'il nous semble difficile de maintenir pour toutes les expériences la température relativement basse de *trente degrés* au rinçage indiquée pour le 1er traitement.

3° **Conditionnement du coton.** Pour le coton filé, la reprise légale a été fixée à 7 1/2 ; pour le coton brut, qui se conditionne moins souvent, elle est encore la même. On a soulevé la question de savoir si le coton doit être décreusé. M. R. Lagerie, à Roubaix, prétextant qu'il était rationnel et équitable que la condition ne soumit à ses appareils que des types presque chimiquement purs, en avait affirmé la nécessité. Il voulait ainsi donner aux intéressés toutes les garanties désirables sous le rapport de l'état loyal et marchand des cotons soumis, la surcharge des fils ayant pour effet de fausser le poids réel et de changer le numéro. Nous citons pour mémoire les procédés proposés. Ou bien : 1° décreuser par une cuite de deux heures environ dans une dissolution de soude caustique à 2° Baumé. Il suffirait alors, pour réaliser ce travail, d'une chaudière en fonte émaillée, commune à tous les types, et chauffée à feu nu ou à la vapeur. On ferait suivre d'un traitement à l'acide chlorhydrique à 1° 1/2 Baumé, puis d'un traitement au carbonate d'ammoniaque suivi d'un lavage à l'eau.

Ou bien : 2° traiter les cotons par un lait de chaux, composé de 1 partie de chaux et de 30 parties d'eau (au lieu de la dissolution de soude caustique proposée précédemment). Faire suivre ensuite d'un traitement à l'acide chlorhydrique pour décomposer les matières calcaires, d'un traitement au carbonate d'ammoniaque pour saponifier les acides gras mis en liberté, et d'un rinçage à l'eau.

Pour notre part, nous ne pensons pas que le décreusage doive être appliqué aux cotons, car les matières qu'on retirerait à ce textile dans l'état naturel où il se trouve forment partie constituante de sa masse et constituent le coton usuel. Or, quelles sont les matières qui entrent dans la composition de ces fibres? Ce sont la cellulose, d'une part, qui en forme la très grande quantité, d'autre part une matière résinoïde qui empêche son imbibition, et une substance jaune en quantité excessivement petite. Nous croyons alors que la matière résinoïde, par exemple, qui entoure le tube cotonneux, appartient à la fibre au même titre que la matière gommo-résineuse (pectose) appartient au lin. On ne dose pas dans le coton la cellulose proprement dite, mais la matière marchande et commerciale dans laquelle entre la cellulose. Et même ces produits que l'on veut enlever, peuvent être regardés comme constituant, en dehors de la longueur des fibres, les diverses variétés de coton ; car, si on les faisait disparaître, il n'existerait aucune différence entre le coton de l'Inde, qui en est très chargé, et le coton de Géorgie qui en possède peu.

La laine, que nous avons jugée devoir être débarrassée de ses impuretés, ne se trouve pas dans le même cas, car à l'état peigné elle contient encore une grande partie de matières introduites, soit volontairement et par la nécessité du travail, soit par la fraude, et parmi lesquels on peut ranger d'abord les savons alcalins, la glycérine et les huiles d'ensimage, puis, des impuretés de la seconde classe, telles que des savons de chaux, de magnésie, de fer et même de plomb. Ces substances peuvent réagir d'une manière sérieuse sur les résultats du conditionnement, mais il n'en est aucune dans le coton qui présente les mêmes inconvénients.

La reprise de 7 1/2 que nous avons indiquée comme étant admise à Roubaix pour le conditionnement du coton n'ayant jamais été fixée par aucun décret, certains commerçants adoptent dans d'autres localités une reprise de 8 0/0. Cette différence de 1/2 0/0, préjudiciable, selon le cas, au vendeur ou à l'acheteur, ne devrait certes pas exister sur une matière qui donne lieu à des transactions multiples. Aussi arrive-t-il dans quelques villes que, pour éviter toute erreur ou contestation, les bureaux de conditionnement déterminent la perte à l'absolu sur le poids d'entrée, et abandonnent aux parties intéressées le soin de calculer les reprises d'usage et de convention.

4° **Conditionnement du lin.** Parlons

enfin du lin. Que ce textile soit hygrométrique, cela est incontestable. Les filateurs qui reçoivent des lins de Russie savent que l'on trouve souvent à l'arrivée, dans le poids des balles, un déficit ou une augmentation qui souvent ne peuvent être attribués qu'à un excès d'humidité ou à une trop grande sécheresse. Ils savent aussi combien il existe d'écarts, pour certains lins, qui ont encore quelque importance, dans le titre d'un fil sur un même métier, sans que le travail soit aucunement interrompu, sans que l'on apporte de changement dans les pignons de torsion ou d'étirage, et par le seul fait d'une variation brusque dans l'état hygrométrique de l'atmosphère. Ceci ressort d'ailleurs de ce fait, que certains spéculateurs, après avoir acheté des lins teillés, les font séjourner en cave pendant quelque temps, et trouvent moyen en les revendant plus tard au prix coûtant et même à un prix inférieur de se faire quelques bénéfices.

Or, le lin, malgré tout cela, ne se conditionne pas. Nous allons essayer d'expliquer la raison de cette anomalie.

Examinons, en effet, sous ce rapport la matière et le produit manufacturé.

Pour la première, nous pensons que ce qui s'opère pour la soie, la laine, le coton, dont le commerce n'a lieu qu'entre négociants qui en font leur spécialité, ne peut se pratiquer pour le lin. Les matières russes, qui s'achètent par grandes quantités, pourraient peut être se trouver soumises au conditionnement, et encore cela présenterait-il d'énormes difficultés; la mesure serait-elle acceptée des acheteurs indigènes, qui y trouveraient évidemment tout avantage, qu'elle ne le sèrait nullement des vendeurs russes, habitués le plus souvent à arroser leurs lins avant l'expédition, et qui n'y trouveraient plus leur compte. Mais à côté des lins russes se trouvent nos lins de pays, nos lins fins, les lins de Belgique, de Hollande, etc., dont le prix est beaucoup plus élevé, qui souvent s'achètent directement à la campagne, se livrent à un rendez-vous déterminé, se pèsent sous les yeux de l'acheteur et se paient comptant; bien fin alors qui pourrait persuader au campagnard qu'il pourrait y avoir un autre poids que celui trouvé à la bascule! La laine, qui s'achète aussi en campagne, ne se trouve pas dans le même cas, car elle n'est conditionnée que lorsqu'elle a été débarrassée de son suint (perte d'environ 60 0/0), c'est-à-dire lorsqu'elle se trouve entre les mains des marchands.

Pour ce qui regarde le conditionnement du produit manufacturé, la mesure présenterait certainement plus de chance de réussite et semblerait plus logique, mais comme le lin s'achète surtout au paquet et non au poids, l'industrie linière n'exige pas pour ses fils un poids aussi exact que pour le coton, et, tout en donnant la préférence aux paquets les plus lourds, l'on se contente généralement dans les transactions d'un poids assez approchant pourvu que le fil ait sa « course. » Il y aurait peut être, croirait-on, une exception à faire pour les fils très fins, mais ceux-là ont toujours besoin, pour être marchands, de contenir, en dehors de la quantité d'eau commune aux fils en général, une certaine humidité superflue, mais indispensable. Souvent, d'ailleurs, on tourne la difficulté en exigeant ce qu'on appelle un « bon poids. » Nous avons été curieux de rechercher le chiffre de reprise qui, dans ce cas, pourrait être applicable au lin et, dans des expériences faites, de concert avec MM. Musin, directeur de la condition de Roubaix, et Persoz, directeur de celle de Paris, nous l'avons fixé à 12 0/0, plus une fraction pour les étoupes. Pour le jute, nous avons trouvé 13 1/2 0/0.

Dans le congrès qui a eu lieu récemment à Paris pour la fixation d'un mode uniforme de numérotage pour les filés, on a dû naturellement s'occuper du conditionnement des matières textiles. Les chiffres de reprise suivants ont alors été fixés par les intéressés :

Pour la laine peignée	18 1/4	0/0
— cardée	17	—
Pour les fils de coton	8 1/2	—
— de lin	12	—
— de chanvre	12	—
— de jute	13 3/4	—
— d'étoupes	12 1/2	—
Pour la soie	11	—

Le congrès a, en outre, décidé que le conditionnement serait facultatif, mais obligatoire sur la demande de l'une des parties. Il ne faut plus maintenant qu'un décret du gouvernement pour confirmer ces résolutions. — A. R.

* **CONDITIONNER.** Nous avons vu plus haut que le système adopté dans les bureaux de conditionnement reposait sur des pesées différentielles et comparatives à diverses températures. C'est là le principe, mais on ne se doute pas toujours à combien de calculs on est amené lorsqu'on conditionne une matière textile. Les données suivantes, donneront une idée de ce qu'est le travail du conditionnement. En effet, pour savoir la *modification* à faire subir au poids net d'un textile soumis au conditionnement, il faut :

1° Multiplier le poids net de la masse par le poids de l'échantillon séché à l'absolu;

2° Diviser le produit par le poids du même échantillon avant la dessiccation;

3° Multiplier le quotient par le taux de reprise pour cent toléré;

4° Ajouter le produit au poids absolu pour trouver le poids conditionné du poids à facturer;

5° Soustraire du poids net de la masse le poids conditionné;

6° Diviser la différence par le poids primitif de la masse, pour connaître finalement la modification *pour cent* à faire subir au poids net de la masse du textile considéré.

Ainsi 200 kilogrammes de laine peignée sont présentés pour être conditionnés avec une tolérance de 17 0/0 d'humidité. Les échantillons à soumettre à la dessiccation absolue pèsent 2^{k},121,400; réduits à l'absolu, ils tombent au poids de 1^{k},815,500 :

$$200 \times 1{,}815500 = 3{,}631000000$$

$\frac{3,631000000}{21214}$ = 171k,165 (poids absolu proportionnel).

171,165 × 17 = 29k,097 (importance de la reprise d'humidité au poids absolu).

171,165 + 29,097 = 200k,262 (poids conditionné à facturer).

200,262 — 200 = 0k,262 de différence en bonification sur le poids primitif.

$\frac{0,262}{200}$ = 0k,131 0/0 à bonifier sur le poids net primitif.

Il arrive souvent que les intéressés interprètent différemment l'application de la reprise d'humidité à tolérer *pour cent*, en l'ajoutant au poids primitif au lieu du poids absolu, et que par suite bien des bévues sont faites et passent inaperçues.

D'autres encore, adoptant un autre taux de reprise d'humidité que celui indiqué dans le bulletin de conditionnement, croient pouvoir se borner à changer le résultat, en tenant compte de la différence en plus ou en moins entre les taux. C'est une erreur.

Ainsi, de ce fait que généralement la laine peignée est conditionnée au taux de 18 1/4 0/0 de reprise d'humidité, il ne suit pas que 100 kilogrammes de laine qui perdraient en dessiccation 15k,434 en tombant à 84k,566 devraient *bonifier* de la *différence* qui existe entre 18k,250 et 15k,434. Dans ce cas, 15k,434 représentent exactement 18k,250 d'humidité pour cent sur le poids absolument sec de 84k,566. — A. R.

Bibliographie : J. Persoz : *Essai sur le conditionnement, le titrage et le décreusage de la soie*, Paris, 1878 ; Perret : *Monographie de la condition des soies de Lyon*, Lyon, 1878 ; Alf. Musin : *Observations sur le conditionnement hygrométrique des matières textiles*, Roubaix, 1875 ; *Tables graduées abrégeant les calculs du conditionnement hygrométrique des matières textiles*, Lille 1876 ; Alfred Renouard : *Observations sur le conditionnement en général et sur son application au coton et au lin*, Lille, 1873.

CONDUCTEUR. Dans les métiers, celui qui exerce une surveillance du personnel et la direction des travaux ; on dit *conducteur des travaux*. || *T. de typogr. Conducteur de presse*, ouvrier qui, dans une imprimerie, est chargé de la mise en train d'une presse et de la surveillance du travail. Il doit aussi remédier aux accidents qui peuvent survenir ; un bon conducteur doit être à la fois imprimeur et mécanicien. || *T. de phys.* — V. Conductibilité électrique.

CONDUCTEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES. Les conducteurs des ponts et chaussées sont chargés d'aider les ingénieurs dans la préparation des plans et projets, dans la surveillance et le contrôle des travaux et dans la tenue de la comptabilité. Ils ont, en outre, qualité pour dresser des procès-verbaux de constatation sur les contraventions en matière de grande voirie, de police du roulage et de police des appareils à vapeur.

La création des conducteurs remonte au décret rendu par Napoléon Ier, le 25 août 1804 (7 fructidor an XII), pour l'organisation du corps des ponts et chaussées. Leur situation a été réglée successivement par les décrets du 13 octobre 1851, 17 mars 1856, 21 décembre 1867, 26 novembre 1875.

Ils sont divisés en cinq classes, dont les appointements sont ainsi fixés (décret du 26 novembre 1875) :

4e classe, 1,500 francs ; 3e classe, 1,800 francs ; 2e classe, 2,200 francs ; 1re classe, 2,600 ; conducteur principal, 3,000 francs.

En outre, le décret du 21 décembre 1867 a permis de conférer le titre de sous-ingénieur des ponts et chaussées aux conducteurs principaux qui remplissent depuis cinq ans au moins les fonctions d'ingénieur. Le nombre des sous-ingénieurs est fixé à 50 et leur traitement à 3,500 francs. Les conducteurs reçoivent en outre des indemnités variables de résidence et de déplacements. Les conducteurs de tous grades ont droit à une pension de retraite dans les conditions établies par la loi du 9 juin 1853 ; ils subissent, en conséquence, une retenue de 5 0/0 sur leur traitement, et d'un douzième, lors de la première nomination ou de chaque augmentation.

Il est interdit aux conducteurs de se mettre au service des entrepreneurs ou concessionnaires de travaux publics ; mais ils peuvent obtenir des congés, après trois ans de service, pour s'attacher, avec l'autorisation de l'administration supérieure, au service des villes ou des compagnies, en France ou à l'Etranger. Ils ne reçoivent alors aucun traitement, mais doivent, pour conserver leurs droits à la retraite, verser successivement les retenues imposées par la loi, calculées sur la totalité de leurs traitements, sans que cependant ces versements puissent entraîner d'augmentation de la pension de retraite qui correspond à leur grade. Les conducteurs ne peuvent être admis dans le cadre auxiliaire des ingénieurs et des chefs de section, créé en 1878 pour les grands travaux de l'Etat, qu'à la condition de donner leur démission de conducteurs.

Des décisions ministérielles fixent le nombre des conducteurs mis à la disposition des ingénieurs en chef, et ceux-ci les répartissent entre les ingénieurs ordinaires, suivant les besoins du service. Au total, ce nombre varie suivant l'importance et la nature des travaux que l'Etat fait étudier ou exécuter ; fixé à 350 par le décret d'organisation, il était descendu à 286 en 1815 ; il s'est ensuite relevé successivement à 1,200 en 1835, à plus de 2,000 en 1851, et dépasse aujourd'hui 4,300, ainsi répartis :

Conducteurs principaux, 308 ; conducteurs de 1re classe, 637 ; conducteurs de 2e classe, 959 ; conducteurs de 3e classe, 1,071 ; conducteurs de 4e classe, 1,340.

Sur ce nombre, 113 remplissent les fonctions d'ingénieur ordinaire et 278 sont en service détaché ou en congé.

Les conducteurs des ponts et chaussées sont nommés par le ministre des travaux publics ; ils sont pris sur la liste des candidats déclarés admissibles à la suite d'examens dont le programme embrasse des connaissances théoriques et pratiques assez étendues. Ces examens n'ont pas lieu

à des époques régulières, mais seulement lorsque la liste dressée à la suite des examens précédents est épuisée. Les candidats doivent être âgés de 21 ans au moins et de 30 ans au plus ; les jeunes gens de 18 ans au moins peuvent être admis à concourir, mais ils ne sont nommés qu'après avoir atteint 21 ans et satisfait à la loi militaire.

Pour les agents secondaires ayant au moins 7 ans de service en cette qualité et pour les militaires qui ont fait un congé, l'âge d'admission au concours est reculé jusqu'à 35 ans.

Les avancements d'une classe à l'autre sont accordés par le ministre ; ils sont toutefois soumis aux règles suivantes :

De la 4e classe à la 3e, après deux ans de service au moins, moitié au choix, moitié à l'ancienneté ;

De la 3e classe à la 2e, après trois ans de service au moins dans la 3e classe, deux tiers au choix, un tiers à l'ancienneté.

De la 2e classe à la 1re, après trois ans de service dans la 2e classe, trois quarts au choix, un quart à l'ancienneté.

Les conducteurs principaux sont pris, au choix seulement, parmi ceux qui ont au moins trois ans de service dans la 1re classe. L'âge auquel ils sont admis nécessairement à faire valoir leurs droits à la retraite est fixé à 60 ans, pour la 3e et la 4e classes ; à 62 ans, pour la 1re et la 2e classes, et à 65 ans, pour les conducteurs principaux et les sous-ingénieurs. Il n'est fait exception à cette règle que pour des cas spéciaux et sur la demande de l'inspecteur général. La prolongation ne peut dépasser deux années et fait l'objet de décisions individuelles.

Les conducteurs peuvent être déclarés démissionnaires, révoqués ou admis à la retraite par décision du ministre. Le rapport du chef de service et l'avis de l'inspecteur général doivent précéder la révocation.

Jusqu'en 1850, les conducteurs des ponts et chaussées ne pouvaient parvenir au grade d'ingénieur, réservé exclusivement aux jeunes gens qui avaient suivi avec succès les cours de l'Ecole polytechnique et de l'Ecole des ponts et chaussées. Cette situation n'a commencée à être modifiée qu'en 1850 (lois du 30 novembre et du 8 décembre). Les conducteurs ayant dix ans de service en cette qualité ont été admis à concourir pour le grade d'ingénieur ; le sixième des nominations annuelles pouvait être accordé aux candidats ayant satisfait aux conditions du concours. La loi de 1850 resta sans effet jusqu'en 1860 ; les conducteurs ne pouvaient trouver, au milieu des exigences d'un service très actif, le temps nécessaire pour se préparer à subir, en une seule fois, des examens très difficiles ; malgré quelques améliorations apportées par le décret du 7 mars 1863, une dizaine de conducteurs seulement réussirent à entrer dans le corps des ingénieurs. Ce n'est que par le décret du 12 décembre 1877 que la loi a pris définitivement un caractère libéral ; il convient d'en résumer les principales dispositions.

Les candidats doivent être Français ou naturalisés Français et avoir dix ans de service effectif à partir de leur nomination ; ils subissent, au chef-lieu du département, un examen préliminaire dont les résultats servent à établir la liste de ceux qui seront admis aux épreuves définitives. On prend, en outre, en sérieuse considération leur moralité, leur conduite et leurs services antérieurs, notamment au point de vue de l'étude des projets et de l'exécution des travaux.

Le concours a lieu à Paris dans la même année ; toutefois, un délai d'un an est accordé aux candidats qui en font la demande ; ce délai peut être renouvelé. Le concours comprend deux épreuves : 1° un examen oral sur la mécanique, les machines, l'hydraulique, le droit administratif, l'exécution des travaux et la pratique du service ; 2° la rédaction de quatre avant-projets : un avant-projet de route ou de chemin de fer, un avant-projet de pont en maçonnerie ou en charpente ; ou d'un pont en métal, un avant-projet relatif à l'amélioration d'une rivière ou à l'établissement d'un canal ; un avant-projet d'irrigation ou de dessèchement, ou d'un travail se rattachant à l'établissement d'un port maritime.

Les épreuves sont séparées par un intervalle d'un an, qui peut être prolongé sur la demande du candidat. Néanmoins, les candidats peuvent être admis, s'ils le désirent, à subir les deux épreuves dans le cours de la même année. En tout cas, le résultat de la première épreuve leur reste acquis, et ceux qui ont échoué à la deuxième épreuve peuvent la recommencer, sans passer de nouveau les autres parties de l'examen.

La commission d'examen dresse, par ordre de mérite, une liste des candidats présentés pour le grade d'ingénieur. Cette liste peut seulement contenir trois fois autant de noms qu'il y a de nominations d'ingénieurs à faire dans l'année parmi les conducteurs. Ceux qui ne peuvent être nommés immédiatement reçoivent de suite le grade de sous-ingénieurs. Les candidats qui ont satisfait aux conditions du concours, mais que leur classement n'a pas permis de porter sur la liste, peuvent être compris, sans avoir à subir de nouveaux examens, avec les admissibles des années suivantes, dans la formation des nouvelles listes de présentation et prennent rang sur ces listes d'après le nombre de points qu'ils ont obtenus précédemment.

Les conducteurs appelés, soit aux examens préliminaires, soit au concours définitif, reçoivent des frais de voyage et de séjour calculés d'après le tarif en vigueur ; ils sont considérés comme étant en activité de service et continuent de toucher le traitement intégral de leur grade.

Quoique déjà très bienveillantes, ces dispositions laissaient encore subsister de bien grandes difficultés, qu'un dernier décret du 23 mars 1881 est venu aplanir de la façon la plus heureuse. Pour faciliter aux candidats les moyens de compléter leur instruction théorique, le ministre les a autorisés, après avoir subi seulement les examens d'admission des élèves externes, à suivre, en cette qualité, les cours de l'Ecole des ponts et chaussées.

Dans l'intervalle des sessions, du 1er juin au

30 octobre, ils sont mis à la disposition des ingénieurs en chef, pour être employés d'une manière effective sur les chantiers. Le temps passé à l'école compte dans les dix années de service actif exigées, et pendant ce séjour ils reçoivent, outre leur traitement, l'indemnité de résidence des conducteurs domiciliés à Paris. Au bout des trois années d'études, leur nomination au grade d'ingénieur est soumise aux mêmes conditions que celle des élèves sortis de l'Ecole polytechnique. Cette mesure libérale est destinée, si l'expérience réussit, à être généralisée dans la mesure des besoins du recrutement du corps des ingénieurs.

CONDUCTEURS (Corps). *T. de phys.* Il y a lieu de distinguer les corps conducteurs relativement à la chaleur et à l'électricité, bien que leur rang diffère peu dans les deux ordres de phénomènes. 1° *Relativement à la chaleur: conducteurs thermiques.* Un corps est *bon conducteur* lorsqu'il transmet facilement dans sa masse la chaleur communiquée en un point quelconque de sa surface. Les *bons conducteurs thermiques* sont, en première ligne, les métaux et parmi eux l'argent, le cuivre, l'or, le laiton, le zinc, l'étain, le fer, le plomb, le platine, le maillechort, le bismuth; puis viennent les pierres, les bois, les terres plus ou moins humides, qui sont déjà de *médiocres conducteurs;* les liquides sont rangés parmi les *mauvais conducteurs* et, enfin, viennent les gaz qui sont d'autant plus mauvais conducteurs qu'ils sont plus secs. Mais, eu égard à leur grande mobilité, quand on les chauffe en un point quelconque, ils transmettent la chaleur par déplacement, par *convection.*

On utilise les pouvoirs conducteurs des corps selon le but que l'on se propose: ainsi, pour chauffer rapidement les liquides, on les met dans des vases métalliques; pour se préserver du froid, on fait usage de vêtements de laine ou de soie, etc.

Dans l'industrie, on se sert de corps mauvais conducteurs pour s'opposer à la déperdition de la chaleur, dans les appareils à vapeur; on a d'abord utilisé les matières premières les plus athermanes: bois, liège, paille, algues, varechs, etc., mais on obtient de meilleurs résultats par l'emploi de composés tels que ceux de Magniat, de De la Coux, etc., qui ont pour qualités spéciales d'être légers et adhérents; on leur donne des noms divers: *mastic, calorifuge, isolateur,* etc.

2° *Relativement à l'électricité: conducteurs électriques.* On dit qu'un corps est *bon conducteur* de l'électricité lorsqu'il a la propriété de prendre et de propager, dans toute son étendue, l'électricité que possède la partie d'un corps électrisé avec laquelle on le met en contact; tels sont les métaux. Si le corps oppose un obstacle au passage de l'électricité, on dit qu'il est *mauvais conducteur* ou *isolant*; tels sont le soufre, la résine, le caoutchouc, la gutta-percha, etc. Entre les bons et les mauvais conducteurs se placent les corps *médiocrement conducteurs,* comme les bois plus ou moins secs. A proprement parler, il n'y a pas de corps qui conduisent ou isolent parfaitement l'électricité; il n'y que des degrés dans la conduction et l'isolation. La liste suivante contient une série de corps dont le pouvoir conducteur va en décroissant pour se terminer par les corps les plus *isolants* (d'après de la Rive).

Bons conducteurs.

Tous les métaux.
Le charbon bien brûlé.
La plombagine.
Les acides concentrés.
— étendus.
Les solutions salines.
Les minerais métalliques.
Les fluides animaux.
L'eau de mer.
— de source.
— de pluie.
La glace au-dessus de —10°,5.
La neige.
Les végétaux vivants.
Les animaux vivants.
La flamme.
La fumée.
La vapeur d'eau.
Les sels solubles dans l'eau
L'air raréfié.
La vapeur d'alcool.
— d'éther.
Les terres et les pierres humides.
Le verre pulvérisé.
La fleur de soufre.

Mauvais conducteurs.

Les oxydes métalliques secs.
Les huiles, les plus pesantes.
Les cendres des corps végétaux.
Les cendres des corps animaux.
Plusieurs cristaux transparents secs.
La glace.
Le phosphore.
La chaux.
La craie sèche.
Le lycopodium.
Le caoutchouc.
Le camphre.
Quelques pierres siliceuses et argileuses.
Le marbre sec.
La porcelaine.
Les corps végétaux secs.
Le bois qui a été fortement chauffé.
Les gaz et l'air secs.
Le cuir.
Le parchemin.
Le papier sec.
Les plumes.
Les cheveux, la laine.
La soie teinte, la soie blanche.
La soie écrue.
Les pierres précieuses transparentes.
Le diamant.
Le mica.
Toutes les vitrifications.
Le verre.
Le jais.
La cire.
Le soufre.
Les résines.
L'ambre.
La gomme laque.
Le vide absolu paraît être un obstacle à l'électricité.

A cette liste on peut joindre.

La gutta-percha.
Le caoutchouc durci (ébonite).
Le collodion.
Le coton-poudre, comme isolants.
Le crin, la baleine et la corne peuvent se ranger près des plumes et des cheveux.
Les bitumes, asphaltes, colophanes, trouvent place à côté des résines.
La gomme laque et les résines isolent d'autant mieux qu'elles sont tirées en fils plus fins; c'est l'inverse pour le verre qui, tiré en fils fins, devient passablement bon conducteur; il attire aussi davantage l'humidité parce qu'il présente plus de surface à l'air libre.

La terre, qu'on nomme souvent le *réservoir commun,* est bon conducteur de l'électricité.

On a constaté que les corps bons conducteurs de la chaleur le sont aussi de l'électricité et qu'ils occupent, à peu d'exceptions près, le même rang dans les deux ordres de phénomènes. — V. l'art. suivant.

* **CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE.** La conductibilité électrique est la propriété que possèdent les corps de propager l'électricité de proche en proche à travers leur masse et à la façon de la chaleur, mais dans des conditions bien différentes

de célérité. Parmi les corps de la nature il en est qui sont très *bons conducteurs* de l'électricité, ce sont les métaux; d'autres ont cette propriété moins développée et sont dits alors *médiocres conducteurs*; enfin, il en est qui conduisent très mal l'électricité, et on les désigne sous le nom de *mauvais conducteurs* ou d'*isolants*. Cette dernière expression n'est pas très exacte, car il n'y a pas, à proprement parler, de corps parfaitement isolants, ceux que l'on regardait comme tels dans le siècle dernier ont été depuis reconnus posséder une certaine conductibilité qui a même été mesurée. Les corps de la nature sont donc tous plus ou moins conducteurs, mais on comprend aisément que si on soutient les uns qui seront très bons conducteurs, comme les métaux, par d'autres qui seront mauvais conducteurs, ces derniers joueront le rôle d'isolants par rapport à ceux qu'ils supportent, parce que l'électricité suivra de préférence les corps qui la conduisent le mieux.

La conductibilité électrique d'un corps est essentiellement liée à la résistance qu'il présente à la propagation électrique, et celle-ci en est, par conséquent, la propriété inverse, de sorte qu'on peut se servir de l'une pour mesurer l'autre, en faisant toutefois intervenir les lois de Ohm relatives à la longueur et à la section des conducteurs, et comme les résistances sont plus facilement mesurables que les conductibilités, c'est au moyen des appareils de mesure de résistances qu'on a obtenu généralement les chiffres représentant la conductibilité des différents corps, lesquels chiffres ne sont du reste que des rapports, le corps le plus conducteur étant pris pour unité. Pour que les rapports dont nous venons de parler soient exacts, il faut que les résistances des différents conducteurs soient prises en donnant à ces conducteurs la même longueur et la même section.

La conductibilité électrique peut se manifester de plusieurs manières : elle peut s'effectuer en se transmettant directement à travers la substance des corps et elle constitue ce que l'on appelle alors leur *conductibilité propre*. Les métaux la possèdent au suprême degré, ce qui fait qu'on la désigne quelquefois sous le nom de *conductibilité métallique*. D'autres fois, elle s'effectue par voie de décompositions et recompositions électriques moléculaires qui peuvent donner lieu à des décompositions et recompositions chimiques de proche en proche. On dit alors que la *conductibilité est électrolytique*; c'est celle que possèdent les liquides. Dans ces conditions, l'électrisation doit être communiquée au liquide par des lames métalliques qui prennent alors le nom d'*électrodes*, et la transmission s'effectue de la manière suivante : le flux positif couvrant l'électrode positive détruira l'équilibre électrique des molécules liquides qui sont en contact immédiat avec elle, il en résultera leur décomposition. Si le liquide est de l'eau pure, l'oxygène viendra se dégager sur l'électrode en neutralisant la charge positive par une quantité correspondante d'électricité négative qui accompagnera le dégagement d'oxygène, et l'hydrogène devenu libre et chargé d'électricité positive réagira sur les molécules liquides en contact, en les décomposant à lour tour, ce qui donne lieu, d'une part, à une formation d'eau et, d'autre part, à une nouvelle production d'hydrogène qui, en réagissant de la même manière, répétera les mêmes effets; or ces réactions s'effectuant de proche en proche et de molécules à molécules, d'une électrode à l'autre, détermineront un dégagement d'oxygène à l'électrode positive et un dégagement d'hydrogène à l'électrode négative. L'hydrogène, étant chargé d'électricité positive, neutralisera la charge négative communiquée à l'électrode négative et donnera lieu à une décharge complète à travers le liquide et, par suite, à un courant qui aura traversé celui-ci par voie de *conductibilité électrolytique*. Si au lieu d'eau pure on eût employé un autre liquide, la décomposition aurait été différente, mais la transmission se serait faite dans les mêmes conditions, et il en est quelquefois de même pour les gaz.

Il peut arriver cependant que la conduction de l'électricité puisse se faire d'une manière analogue à la précédente, mais sans entraîner de décompositions et recompositions chimiques, c'est quand elle se fait à travers les diélectriques; alors sous l'influence des deux électrodes mises en contact avec les substances qui sont mauvaises conductrices, les molécules se polarisent et il s'échange alors des décompositions et recompositions électriques moléculaires qui donnent lieu à un flux électrique à travers le diélectrique. Nous avons étudié des actions de ce genre à l'article CONDENSATION ÉLECTRIQUE (V. cet art.), et la conductibilité est dite alors *électrotonique*.

Dans beaucoup de circuits, ces trois sortes de conductibilités sont en jeu, et dans notre article sur les *circuits électriques* (V. ce mot) nous en avons vu de nombreux exemples. Il existe même toujours deux de ces conductibilités dans tous les circuits voltaïques puisque le courant, en traversant les liquides de la pile, est conduit par voie électrolytique, et qu'il suit les conducteurs métalliques en raison de leur conductibilité propre. On a encore vu dans notre article sur les circuits comment s'effectue la transmission électrique dans ces divers systèmes de conducteurs, et nous n'avons pas à y revenir ici, nous devrons seulement indiquer les conductibilités des divers corps de la nature.

C'est, comme on le sait, Gray qui, dans le siècle dernier, découvrit la propriété curieuse des métaux pour conduire instantanément les charges électriques, et ses expériences sont tellement connues que nous n'avons pas besoin de les rappeler; nous dirons seulement que des expériences modernes ont démontré que, pour l'électricité ayant une tension un peu élevée, certains corps peuvent avoir deux sortes de conductibilités, l'une *intérieure* qui est en rapport intime avec la longueur et la section du conducteur ou, pour parler d'une manière plus générale, avec sa *résistance;* l'autre *extérieure* qui dépend souvent de l'état des surfaces de ces corps et qui peut écouler plus ou moins vite la charge électrique qui leur est transmise. Avec les métaux et une charge électrique de grande tension, comme la foudre, l'écoule-

ment électrique s'effectue d'autant plus promptement que la surface est plus développée, et il peut arriver qu'une mince lame de papier d'étain écoule plus vite une charge électrique énergique qu'un conducteur ayant une section beaucoup plus considérable, mais ayant une surface extérieure moindre. Avec des corps médiocrement conducteurs, tels que des fils de coton, par exemple, la charge électrique se transmettra plus vite par la surface extérieure que par la masse, en raison de la couche humide qui les recouvre et qui est meilleure conductrice.

Dans les médiocres conducteurs, tels que la terre et surtout dans ceux qui ne sont pas homogènes, dans leur structure, l'électricité se propage sous l'influence de plusieurs conductibilités, et les effets se produisent alors comme si le mouvement électrique rencontrait sur son parcours des dérivations de différentes résistances. Ainsi certains terrains métallifères pourront présenter une conductibilité propre ou métallique dans les veines métalliques qui s'y trouveront, et présenter une conductibilité électrolytique ou électrotonique dans les gangues ou cristaux qui envelopperont ces veines. Un courant qui sera transmis à un terrain, présentant un cours d'eau, sera conduit électrolytiquement par le cours d'eau et la masse du terrain qui est toujours plus ou moins humide, mais il se propagera avec beaucoup plus de facilité par le liquide. Toutefois, comme en raison de la grande masse du globe terrestre la propagation s'effectue en rayonnant à travers toute la masse, il arrivera un moment où la plus grande facilité que le courant trouvera à se propager par le cours d'eau deviendra égale à celle qu'il rencontrera à travers toute la masse du globe, et alors les deux conductibilités se confondront en une seule qui sera uniquement dépendante, comme on l'a vu, de la surface des lames de communication ou électrodes.

Ces conductibilités différentes des milieux non homogènes donnent souvent lieu à des effets physiques très curieux, entre autres aux formes si bizarres qu'affectent les éclairs de la foudre. En effet, si différentes parties d'un même conducteur aériforme présentent une conductibilité différente et que les parties les plus conductrices soient interrompues en des points plus ou moins rapprochés, il arrivera qu'une décharge de haute tension, traversant ce conducteur fournira des sillons lumineux plus ou moins bifurqués et brisés au sein de sa masse bien que celle-ci toute entière contribue à la conduction. Saupoudrez la surface d'un liquide avec des poussières métalliques et faites passer à travers ce liquide le courant d'une bobine de Ruhmkorff, vous apercevrez une série de sillons lumineux qui glisseront à la surface du liquide et qui seront l'expression d'une série de décharges effectuées entre ceux des grains conducteurs dont les conditions d'agrégation et de rapprochement seront les plus favorables à la conductibilité. Avec les courants induits de la bobine de Ruhmkorff, il n'y aura même pas besoin de saupoudrer des limailles au-dessus du liquide pour obtenir ces sillons lumineux, précisément à cause de la conductibilité extérieure du liquide qui est plus favorable à la propagation de l'électricité de haute tension que la conductibilité de masse intérieure. C'est en raison de cette prédisposition, que les courants induits, surtout les courants induits directs, abandonnent des conducteurs métalliques quand ils sont un peu résistants pour sauter à travers des solutions de continuité qui présentent pourtant une bien plus grande résistance.

La conductibilité des corps est considérablement affectée par plusieurs causes physiques extérieures, notamment par la chaleur et l'humidité, mais les effets sont différents, du moins pour la chaleur, suivant la nature des corps. Avec les métaux, la conductibilité s'affaiblit avec l'accroissement de la température dans un rapport peu élevé, il est vrai, mais néanmoins très appréciable sur un long circuit. Au contraire, l'accroissement de la température augmente généralement la conductibilité des liquides, des gaz et des minéraux, à moins qu'ils ne soient très métalliques. Les effets se compliquent souvent alors d'actions thermo-électriques très intéressantes.

L'humidité de l'air en imprégnant plus ou moins les corps, leur donne une conductibilité plus ou moins grande, suivant leur nature plus ou moins hygrométrique, ce qui fait qu'on a pu mesurer l'humidité de l'air par les variations de conductibilité d'un morceau de bois ou d'un morceau de pierre, traversé par un courant électrique constant. Dans ce cas la conductibilité est électrolytique.

On a fait beaucoup de recherches pour mesurer la conductibilité des différents corps de la nature. Pour les corps homogènes et simples tels que les métaux, et certains liquides et gaz d'une nature bien déterminée, on a pu obtenir des chiffres assez exacts, mais pour les corps médiocrement conducteurs, leur conductibilité est tellement variable qu'on a dû renoncer à la représenter par des chiffres. La conductibilité des métaux eux-mêmes varie dans de grandes proportions, suivant leur degré de pureté, suivant leur état physique, et pour qu'on puisse s'en faire une idée, il nous suffira de dire que du cuivre contenant seulement 2,5 0/0 de phosphore, a sa conductibilité réduite dans le rapport de 100 à 7,52, et qu'alors que les cuivres d'Amérique et d'Australie ont des conductibilités de 92,57, et de 88,86, celle du cuivre pur étant représentée par 100, les cuivres de Rio-Tinto n'ont qu'une conductibilité représentée par 14,24. L'écrouissage plus ou moins grand des métaux fait varier également leur conductibilité dans des proportions assez marquées, les métaux écrouis étant moins conducteurs que les métaux recuits. La pression même exercée sur eux fait varier cette conductibilité qui, suivant M. Wartmann, diminuerait avec la pression.

Bien que nous n'ayons pas la prétention de donner ici les chiffres résultant des recherches des divers physiciens pour représenter les différentes conductibilités des corps et des liquides, nous croyons devoir donner ceux qui sont admis en Angleterre pour la construction des câbles

sous-marins et que nous extrayons du formulaire électrique de MM. Latimer-Clark et Sabine.

Métaux.	Pouvoir conducteur à 0° cent.	Résistance d'un fil de 1 mètre de longueur et de 1 millimètre de diamètre en Ohms
Argent recuit	»	0.01937
Argent étiré	100.00	0.02103
Cuivre recuit	»	0.02057
Cuivre étiré	99.55	0.02104
Or recuit	»	0.02650
Or étiré	77.96	0.02697
Aluminium recuit	»	0.03751
Zinc comprimé	29.02	0.07244
Platine recuit	»	0.11660
Fer recuit	16.81	0.12510
Nickel recuit	13.11	0.16040
Etain comprimé	12.36	0.17010
Plomb comprimé	8.32	0.25270
Antimoine comprimé	4.62	0.45710
Bismuth comprimé	1.245	1.6890
Mercure liquide	»	1.2700
Alliage de platine et d'argent	»	0.3140
Argent allemand	»	0.2695
Alliage d'argent et d'or	»	0.1399

On a fait également des tables pour permettre de calculer la conductibilité d'un métal à une température donnée, et nous donnons également ci-dessous celle à laquelle on se reporte en Angleterre pour les recherches de ce genre.

Métaux	Coefficients c de conductibilité des métaux à une température t estimée en degrés centigrades
Argent	$c = 100 - 0.38278\,t + 0.0009848\,t^2$
Cuivre	$c = 100 - 0.38701\,t + 0.0009009\,t^2$
Or	$c = 100 - 0.36745\,t + 0.0008443\,t^2$
Zinc	$c = 100 - 0.37047\,t + 0.0008274\,t^2$
Cadmium	$c = 100 - 0.36871\,t + 0.0007575\,t^2$
Etain	$c = 100 - 0.36029\,t + 0.0006136\,t^2$
Plomb	$c = 100 - 0.38756\,t + 0.0009146\,t^2$
Arsenic	$c = 100 - 0.38996\,t + 0.0008879\,t^2$
Antimoine	$c = 100 - 0.39826\,t + 0.0010364\,t^2$
Bismuth	$c = 100 - 0.35216\,t + 0.0005728\,t^2$

D'après M. Ed. Becquerel, les coefficients d'accroissement de résistance des métaux pour chaque degré de température seraient représentés par les chiffres suivants :

Mercure	0.001040
Platine	0.001861
Or	0.003397
Zinc	0.003675
Argent	0.004022
Cadmium	0.004040
Cuivre	0.004097
Plomb	0.004349
Fer	0.004726
Etain de commerce	0.005042
Etain pur	0.006188

Quant à la conductibilité des médiocres conducteurs qui a été étudiée spécialement par M. Th. du Moncel, elle est, comme on l'a vu, tout ce qu'il y a de plus variable et d'autant plus variable qu'elle est accompagnée d'effets secondaires de polarisation qui interviennent d'une manière très compliquée dans la conduction des courants. Il s'y développe aussi des forces électro-motrices qui donnent lieu à des courants locaux et, en plus, des courants thermo-électriques qui sont quelquefois très appréciables. Ces différents courants, tendant à se manifester pendant le passage du courant qui est transmis, en troublent l'intensité, la renforcent quelquefois ou l'amoindrissent, suivant que tous ces courants circulent dans le même sens ou en sens contraire, et c'est ce qui fait que l'interposition de conducteurs de ce genre dans les circuits rendent tous les courants qui les traversent inconstants. On pourra avoir une idée complète de tous ces effets en se reportant aux mémoires de M. du Moncel sur la *conductibilité des corps médiocrement conducteurs*, insérés dans les *Annales de physique et de chimie* de l'année 1876, lesquels mémoires ont été résumés dans le journal la *Lumière électrique*, t. I, p. 61, 81, 133, 152; t. II, p. 449-469, t. IV, p. 33, t. VII, p. 73, 97, 217, 431. Nous dirons seulement ici que cette conductibilité a été étudiée dans les corps ligneux, les minéraux, les corps très divisés et les tissus: Elle dépend surtout de leur pouvoir hygrométrique, de leur état plus ou moins poreux et, pour les bois, de l'énergie de leur sève et par conséquent leur âge. Pour qu'on puisse s'en faire une idée approximative, nous allons donner ci-dessous quelques chiffres qui en représentent la résistance. Ces résistances, pour les bois, sont estimées en kilomètres de fil télégraphique ordinaire, et si on veut les rapporter aux unités électriques, il suffira de se rappeler que le kilomètre de fil télégraphique représente 10 ohms. Les expériences ont été faites sur des morceaux de bois sec de 8 centimètres de longueur sur 3 centimètres de largeur et 1 d'épaisseur et sur des longueurs d'arbres vivants d'environ 6 mètres de longueur. En général les bois mous varient de conductibilité assez rapidement avec l'humidité de l'air, mais les bois durs sont souvent les plus conducteurs parce qu'ils emmagasinent, sans la restituer, cette humidité. Le bois d'ébène et le gayac sont dans ce cas ; c'est ce qui fait que les bois des vieilles charpentes en chêne travaillent encore quand on en fait des lames de parquet ; c'est pourquoi aussi les clous que l'on y enfonce rouillent plus que dans les bois mous.

Différentes espèces de bois	Bois sec	En pleine végétation
	kilomètres	kilomètres
Châtaignier	1.920.716	1.939
Tilleul	2.389.900	1.988
Orme	2.859.084	1.694
Hêtre	3.797.452	3.384
Sapin blanc	4.735.820	3.534
Peuplier	7.550.924	2.090
Noyer	9.427.660	2.203
Platane	15.557.868	3.384
Pommier	»	3.130
Acacia	»	3.689
Chêne	»	3.862

Les minéraux sont plus conducteurs, en raison surtout de leur pouvoir hygrométrique qui est très grand, et parce que quelques-uns ont une conductibilité métallique très caractérisée. Ils peuvent être rangés par rapport à leur pouvoir conducteur en cinq catégories: 1° les minéraux poreux; 2° les minéraux constitués par des pierres dures non hydratées; 3° les minéraux constitués par des pierres dures hydratées; 4° les minerais métalliques; 5° les minerais métalliques alliés à des substances minérales non métallifères. Les premiers, représentés par les pierres communes, varient de conductibilité suivant l'humidité de l'air et constituent des hygromètres très sensibles, les seconds, parmi lesquels se trouvent les cristaux carbonatés et certaines pierres précieuses sont excessivement peu conducteurs, les troisièmes qui comprennent les silex et certains silicates métalliques le sont relativement beaucoup, en raison de l'eau qui entre dans leur composition minéralogique. Les quatrièmes ont une conductibilité comparable à celle des métaux et les cinquièmes ont une conductibilité extrêmement variable qui est à la fois métallique et électrolytique.

Les corps métalliques ou très conducteurs réduits en poudre perdent leur conductibilité dans une proportion énorme. Un petit prisme de ces corps ainsi divisés, de 5 centimètres cubes, avec des électrodes de 2 centimètres carrés et éloignées de 2 centimètres l'une de l'autre, ont donné les résistances suivantes:

Limaille de cuivre	12.67 ohms.
Limaille de zinc	14.48 —
Poussier de charbon de cornue. . .	21.92 —
Poussier de charbon de bois. . . .	22000.00 —

La chaleur et l'humidité exercent sur la conductibilité de ces corps comme sur celle des minéraux une grande influence, mais elle est très irrégulière et souvent même donne des effets contradictoires au commencement et à la fin des expériences, ce qui tient à différentes causes secondaires indépendantes de la conductibilité proprement dite, telles que le dessèchement, les oxydations parcellaires, etc.

Les tissus, en raison de leurs qualités hygrométriques, sont relativement conducteurs et d'autant plus que les fibres qui les composent sont plus grosses. Les toiles, les cotonnades sont les plus conducteurs, les soies et les laines sont les plus mauvais. Cependant la conductibilité des soies dépend de la charge qu'on leur fait subir à la teinture, et presque toutes les soies noires, à cause de cela, conduisent plus ou moins.

Les tissus humains imprégnés de liquides sont assez bons conducteurs, et cette conductibilité varie suivant l'état de moiteur de la peau. La résistance que présente le corps de l'homme entre les deux mains peut en conséquence varier de 3500 à 2200 ohms.

Quant aux corps diélectriques désignés vulgairement sous le nom d'*isolants*, leur conductibilité est reliée à leur capacité électro-statique et nous en avons donné les valeurs relatives dans notre article CONDENSATION ÉLECTRIQUE. Si on veut se faire une idée de leur résistance, il nous suffira d'indiquer les chiffres que l'on a obtenus pour la mesure de l'isolation de quelques câbles sous-marins. Ainsi on a reconnu que, pour une longueur de câble d'un *knot* (mille marin) et avec un rapport de 2,80 entre les diamètres extérieur et intérieur du tube constitué par l'enveloppe isolante, la résistance était représentée par 360 millions d'ohms avec la gutta-percha et 6072 millions d'ohms avec le caoutchouc. On voit que cette résistance est plus considérable que celle du bois le plus sec dans le rapport de 6072 à 150 c'est-à-dire dans le rapport de 40 à 1.

La conductibilité des liquides et des gaz est tellement variable qu'on n'a donné que très peu de chiffres pour la représenter. D'après M. Becquerel, la conductibilité de l'argent pur étant représentée par 100,000,000 à la température de 0°, celle de l'eau acidulée avec de l'acide sulfurique au dixième serait représentée par 76,34; la solution saturée de sulfate de cuivre par 7,25; la solution concentrée de sel marin par 42,24. Avec des électrodes de 10 centimètres carrés et un écartement de 3 centimètres, la résistance de l'eau distillée a pu atteindre 4000 ohms et celle de l'eau de fontaine 640 ohms; mais ces chiffres ne peuvent être considérés comme présentant une grande rigueur à cause de toutes les réactions secondaires qui se manifestent dans ces sortes de conducteurs des courants. Nous devrons ajouter que parmi les liquides bons conducteurs et transparents il faut citer le protochlorure d'antimoine. Les liquides les moins conducteurs sont le sulfure de carbone, l'alcool et l'huile. M. Edlund a, du reste, dans un travail récent, résumé la plupart des travaux qui ont été faits sur cette question.

La conductibilité des gaz est encore plus difficile à préciser et il est presqu'impossible de donner des chiffres exacts; ce que l'on peut dire c'est qu'ils présentent une conductibilité relative assez développée quand ils sont élevés à une haute température; l'oxygène paraît être le plus conducteur.

Un phénomène de conductibilité très curieux, et qui a été appliqué de la manière la plus heureuse dans les transmetteurs téléphoniques, est la variation de conductibilité que tous les corps conducteurs et surtout les médiocres, tels que le charbon, subissent avec la pression exercée sur eux, quand ils sont mis en contact. Les causes de ce phénomène sont complexes et peuvent être attribuées au tassement plus ou moins grand des molécules du corps, à l'intimité plus ou moins grande du contact, à la déformation de la surface de contact qui augmente avec la pression, à la résistance différente de la couche superficielle des molécules qui se trouve inégalement chauffée suivant le degré de la pression, etc.; on pourra voir à l'article TÉLÉPHONE les appareils fondés sur cette propriété. — T. D. M.

***CONDUCTIBILITÉ THERMIQUE** ou POUVOIR CONDUCTEUR. *T. de phys.* On emploie cette expression pour désigner la propriété que possèdent les corps, à divers degrés, de transmettre plus ou moins vite, plus ou moins loin dans leur

masse, une partie de la chaleur reçue à leur surface.

La chaleur peut se propager dans les corps suivant deux modes distincts : 1° *par rayonnement*, avec une très grande vitesse qu'on a tout lieu de croire égale à celle de la lumière ; 2° *par conductibilité*, lentement, de molécule à molécule, par une sorte de rayonnement particulaire (suivant Laplace). C'est ainsi que s'échauffe une barre de fer métallique dont un bout est placé dans une forge ardente.

Les corps qui propagent le mieux dans leur masse la chaleur qui arrive à leur surface, par un mode quelconque, sont dits *bons conducteurs* ; tels sont les métaux ; ceux qui offrent au passage de la chaleur le plus d'obstacle sont dits *mauvais conducteurs*, comme le verre, le soufre, les corps divisés en poudre, en filaments. Entre ces deux catégories viennent se placer les corps *médiocrement conducteurs* de la chaleur, comme les liquides, les bois verts, le corps humain, etc.

Pour dresser une liste des corps par ordre de conductibilité, il faut comparer à l'un d'eux cette faculté de transmission de la chaleur, prendre un terme de comparaison, une unité ; en un mot il faut mesurer le pouvoir conducteur relatif à chaque corps. On connaît plusieurs méthodes pour évaluer numériquement la conductibilité thermique des corps solides.

1° La méthode de Franklin, appliquée par Ingenhoutz, modifiée par Gay-Lussac et perfectionnée par M. Jamin, méthode dite *par la fusion de la cire* sur une étendue plus ou moins grande à la surface de tiges égales dont les extrémités sont fixées à la paroi d'un vase où l'on entretient de l'eau chaude, ne peut donner qu'une idée approximative de la conductibilité des corps soumis à l'expérience ; nous ne nous y arrêterons pas.

2° La méthode de Despretz permet de mesurer assez exactement la conductibilité des corps solides. L'expérience est disposée de la manière suivante : la barre métallique sur laquelle on opère est placée horizontalement, percée à demi de petits trous distants les uns des autres de $0^m,10$, remplis de mercure, dans lesquels plongent de petits thermomètres verticaux. Une source de chaleur constante, une lampe, un bec de gaz, est placée à une extrémité de la barre. Celle-ci s'échauffe peu à peu ; les thermomètres sont successivement influencés pendant *l'état variable*. Lorsque les indications de ces instruments restent *stationnaires*, on constate d'abord que les températures, indiquées par les différents thermomètres, depuis le premier, le plus près de la source de chaleur, jusqu'à celui qui indique la température ambiante, vont en diminuant d'une manière régulière, suivant une progression géométrique et que le quotient de deux excès (différence entre la température indiquée par le thermomètre considéré et celle de l'air ambiant) par l'excès intermédiaire est un nombre constant. Telles sont les deux lois trouvées par Despretz, pour les divers métaux sur lesquels il a opéré.

MM. Wiedemann et Franz ont répété les expériences de Despretz en employant des appareils de contact thermo-électriques très délicats, bien plus précis que les thermomètres implantés dans la barre et qui donnent lieu à plusieurs erreurs d'appréciation.

3° *Méthode de Fourier*, par le *thermomètre de contact*. Cette méthode est applicable aux étoffes, aux matières filamenteuses, peu conductrices. Cet instrument consiste en un thermomètre ajusté au col d'un vase conique fermé en dessous par une membrane mince et rempli de mercure. Le corps dont on veut apprécier le pouvoir conducteur, réduit en lame mince est placé sur une caisse en métal où l'on entretient une température constante et élevée. On applique le thermomètre sur cette lame ; et ses indications fournissent des résultats numériques comparatifs pour les diverses substances.

4° Le procédé de Rumford consiste dans l'emploi d'un thermomètre placé au centre d'une boule. L'intervalle étant rempli par la substance, on plonge l'appareil dans l'eau bouillante, puis dans un mélange de glace pilée et de sel marin. On note le temps que l'instrument met à descendre de 135° Fahrenheit (57°,2 centigrades). Voici les résultats de quelques expériences.

Rapports de conductibilité de diverses substances, par le procédé de Rumford.

Substances entourant le thermomètre	Temps écoulé (en secondes)
Soie tordue	917 secondes.
Cendres de bois	927 —
Charbon de bois	937 —
Fine charpie	1032 —
Noir de fumée	1117 —
Laine de brebis	1118 —
Taffetas	1169 —
Soie écrue	1264 —
Poil de castor	1296 —
Edredon	1305 —
Poil de lièvre	1312 —

Pour déterminer la *conductibilité des liquides*, Despretz a employé un moyen analogue à celui dont il s'était servi pour les solides. Le liquide en expérience remplit un vase cylindrique surmonté d'un bassin de même forme, plein d'eau, où l'on entretient une température constante. La chaleur se communique de haut en bas dans la masse liquide et atteint des thermomètres équidistants implantés dans la paroi du vase. Les indications qu'ils fournissent conduisent aux mêmes résultats que pour les solides ; seulement la conductibilité des liquides est beaucoup moindre que celle des solides. On constate d'ailleurs très facilement le fait de la manière suivante : on fait brûler à la surface de l'eau une couche d'alcool, et l'on voit qu'un thermomètre placé horizontalement à quelques centimètres au-dessous de la surface, n'est pas influencé pendant l'ébullition des couches supérieures. C'est l'expérience d'Ingenhousz.

Quant à la *conductibilité des gaz*, on ne peut la mesurer directement ; car, en quelque point qu'on échauffe un gaz, la température de toute sa masse s'élève par *convection*, c'est-à-dire par transport du fluide. On sait seulement que les gaz sont de très mauvais conducteurs de la chaleur, bien qu'il y ait entre eux des différences saisissables. On a

constaté, par divers moyens, que l'hydrogène est, de tous les gaz, le meilleur conducteur. On le prouve par l'expérience suivante : Un fil de platine traverse un tube où l'on entretient un courant de gaz quelconque ; on fait passer à travers ce fil un courant électrique capable de le porter au rouge-blanc. Dès qu'on remplace le gaz en expérience par l'hydrogène, le fil cesse de rougir ; ce qui prouve que l'hydrogène lui enlève de la chaleur, par sa bonne conductibilité. L'hydrogène en cela se rapproche des métaux ; il est d'ailleurs considéré comme un métal gazeux.

Effets et applications de la conductibilité. 1° Chacun sait que si l'on verse de l'eau bouillante dans un vase en verre épais on le brise. La rupture est due au défaut de conductibilité de la substance, les portions intérieures atteintes par la chaleur se dilatant avant que les autres aient eu le temps de s'échauffer ; 2° La découpure du verre au moyen d'un charbon ardent, s'explique de la même manière ; 3° On peut remarquer qu'il est possible de tenir impunément ce charbon entre les doigts, très près de la surface enflammée, tandis que si l'on avait affaire à un métal conducteur, on ne pourrait le toucher ainsi sans se brûler ; 4° Une gaze ou une feuille de papier mince exactement appliquée contre la surface d'un corps métallique assez épais, peut être mise en contact avec une flamme sans être brûlée ou même noircie. Cela s'explique par la bonne conductibilité du métal qui enlève la chaleur à mesure qu'elle arrive à sa surface au travers de l'enveloppe légère ; 5° La conductibilité du papier est d'ailleurs constatée par l'expérience qui consiste à faire bouillir de l'eau dans un vase en papier posé sur une plaque métallique chauffée par dessous ; 6° La bonne conductibilité des métaux est utilisée dans maints usages domestiques ou industriels. Ainsi les vases en fer étamé, contenant un liquide, peuvent être placés sur un feu vif sans que l'étain qui les recouvre se fonde, et l'on sait que le point de fusion de l'étain ne dépasse pas 230°. Dans les fabriques de produits chimiques, on emploie des vases en plomb, sous lesquels on entretient un grand feu, qui ferait fondre immédiatement le métal, si les vases ne renfermaient pas de liquide qui enlève au plomb la chaleur qu'il reçoit du foyer ; 7° On constate facilement que l'eau bout plus vite et se refroidit plus tôt dans un vase en métal noirci que dans un vase en terre, toutes choses égales d'ailleurs ; 8° En employant des thermomètres à mercure, on construit des pyromètres capables d'indiquer des températures supérieures à 500°, en se fondant sur la conductibilité des métaux servant d'intermédiaires entre la source de chaleur et le thermomètre ordinaire ; 9° On peut aussi construire des *pyromètres* formés d'une tige de fer ou mieux de métal inoxydable, comme le platine, recouverte d'une couche de cire et dont une longueur constante plonge dans la source de chaleur dont on veut évaluer la température. L'instrument doit être préalablement gradué par comparaison avec le thermomètre à mercure ; 10° On utilise fréquemment la mauvaise conductibilité des corps. Ainsi, l'on conserve de l'eau chaude en entourant le vase qui la contient de laine, de ouate, d'édredon, de fourrures et en général de matières filamenteuses ; 11° La glace peut être conservée de la même manière ; on l'enveloppe ordinairement dans des couvertures de laine ; 12° La *marmite norwégienne* est fondée sur la mauvaise conductibilité du feutre qui tapisse une caisse en bois et au milieu de laquelle on met la marmite dont le contenu est bouillant. La température se maintient durant quatre ou cinq heures dans le voisinage de 90° ; et la cuisson s'achève sans feu ; 13° Dans les *locomotives sans fumée, sans feu,* la chaudière, qui contient de l'eau à 190°, est entourée de matières non conductrices, et la vapeur qui se dégage à cette température sans emploi du feu, permet à la locomotive de fournir carrière sur un parcours d'un certain nombre de kilomètres ; 14° Les cylindres des machines à vapeur fixes sont souvent entourés d'une enveloppe feutrée qui les garantit du contact refroidissant de l'air ambiant ; 15° On construit des coffres-forts à doubles parois, d'une pièce, en matière réfractaire qui défient l'incendie ; 16° La mauvaise conductibilité de l'air est utilisée dans le nord de l'Europe par l'emploi de doubles fenêtres, de doubles vitrages, entre lesquels séjourne une couche d'air protectrice qui s'oppose assez efficacement à une trop rapide déperdition de la chaleur des appartements ; 17° C'est grâce à la mauvaise conductibilité du sol que la glace se conserve dans les glacières ; 18° Les vêtements de laine, de soie, de fourrures sont chauds, non par eux-mêmes, mais parce qu'ils s'opposent, eu égard à leur mauvaise conductibilité, à la déperdition de la chaleur du corps ; 19° La terre couverte de neige est moins refroidie par l'air que le sol nu ; 20° Au toucher, les corps qui nous semblent plus froids, sont ceux qui enlèvent plus vite la chaleur de la main, ce sont les bons conducteurs. Ainsi on trouve le marbre plus froid que le bois, les métaux plus froids que les pierres, dans les mêmes conditions de température.

L'état de division des corps influe sur la conductibilité : ainsi le fer en barre conduit très bien la chaleur, tandis que le fer en fils fins et tressé en toile (toile métallique), ne laisse point passer la flamme à travers ses mailles. La grande surface que le métal présente alors, refroidit le gaz enflammé et arrête la combustion. C'est sur ce fait qu'est basé l'emploi de la lampe des mineurs. — C. D.

CONDUIT. *T. techn.* Petit canal servant à l'écoulement d'un liquide ou d'un gaz ; dans le langage industriel, on dit *conduites* pour désigner les tuyaux destinés à la distribution de l'eau et du gaz d'éclairage. || Partie excédante d'un outil à corroyer le bois ou à tracer des moulures et qui sert d'appui. || Espace vide ménagé sous la plaque du foyer d'un poêle, pour le passage de l'air froid. || Petit tube qui reçoit le fil de fer d'une sonnette, ou petite agrafe destinée à maintenir ce fil. || Dans l'orgue, tube qui amène dans les sommiers le vent du soufflet.

CONDUITE. Ensemble de tuyaux destinés à con-

duire l'eau ou le gaz d'un point à un autre. Les conduites recevant les eaux de pluie des couvertures d'un édifice se nomment généralement *chéneaux*, celles qui distribuent l'eau dans les villes se nomment *aqueducs* (V. ce mot) quand elles sont constituées par un canal voûté en maçonnerie.

D'une façon générale, les conduites d'eau ou de gaz sont formées d'un ensemble de tuyaux emboîtés les uns dans les autres ou fixés bout à bout à l'aide de joints particuliers rendus parfaitement étanches, comme nous l'avons étudié au mot CANALISATION. Ces conduites, composées de parties droites et courbes, sont soumises, dans le calcul de leur débit et dans leur installation à des règles que nous étudierons au mot DISTRIBUTION, et qui varient suivant qu'il s'agit de distribuer de l'eau ou du gaz.

CÔNE. *T. de géom.* Le cône, qui est une des figures les plus importantes de la géométrie, trouve aussi son application dans la mécanique rationnelle et appliquée ; il est engendré par une droite qui tourne autour d'un point fixe ou sommet, en glissant constamment sur une courbe appelée *directrice*.

On le considère souvent aussi comme un volume limité, s'étendant du sommet jusqu'à une courbe plane servant de directrice, qui prend alors le nom de base ; les cônes circulaires sont ceux dont la base est un cercle, et les cônes circulaires droits, qu'on rencontre le plus fréquemment en géométrie élémentaire ont leur sommet situé sur la normale à la base menée par le centre. Les cônes peuvent être considérés comme des pyramides dont la base est formée par un polygone dont le nombre de côtés croît indéfiniment, de manière à se confondre avec la base courbe du cône. On reconnaît ainsi que le volume du cône est égal au tiers du produit de la base par la hauteur.

Toutes les sections faites dans un cône quelconque par des plans parallèles sont des courbes homothétiques ayant leurs tangentes parallèles aux points de rencontre avec une même génératrice. On déduit de là que les plans tangents au cône en un point donné sont tangents en tous les points de la génératrice de contact.

Le solide compris entre deux sections parallèles prend le nom de *tronc de cône*, et son volume peut se déterminer facilement, comme nous le disions tout à l'heure, en le considérant comme la limite du tronc de pyramide inscrit. Pour le tronc de cône droit, on arrive à l'expression

$$\frac{1}{3}\pi h(R^2+R'^2+RR')$$

h étant la hauteur.

On considère fréquemment en *perspective* et dans la *théorie des ombres*, le *cône* circonscrit à une surface donnée, c'est-à-dire celui qui est formé par les rayons lumineux tangents à la surface. Le lieu des points de contact de tous ces rayons, en d'autres termes la courbe de contact du cône circonscrit, constitué sur la surface la ligne d'*ombre propre*.

L'étude des surfaces *réglées*, c'est-à-dire celles engendrées par le mouvement d'une droite, se ramène en grande partie à celle du *cône directeur* de la surface ; on désigne ainsi le cône, lieu des droites menées par un point de l'espace parallèlement aux génératrices de la surface.

Dans le cas particulier où la surface réglée est *développable*, les plans tangents au cône directeur sont parallèles aux plans tangents à la surface.

Nous citerons comme exemple le cône directeur de la surface développable formée par les tangentes à l'hélice ; il ressort de la propriété caractéristique de cette courbe, que le cône ainsi obtenu est un cône circulaire droit dont l'axe de révolution est parallèle à celui du cylindre d'enroulement de l'hélice.

Cône asymptote. On désigne sous ce nom le cône obtenu en menant par le centre de deux hyperboloïdes conjugués des parallèles aux asymptotes des différentes sections planes passant par l'axe transverse du corps. L'hyperboloïde à deux nappes est situé à l'intérieur du cône asymptote, et l'hyperboloïde conjugué, à une nappe, à l'extérieur du même cône.

Les surfaces coniques, limitées à une courbe plane peuvent se *développer* sur un plan sans déchirure ni duplicature. S'il s'agit d'un cône circulaire droit, le développement de la surface est un secteur de cercle, dont l'arc est égal à la circonférence de la base.

Cette propriété est utilisée dans la construction des cartes géographiques sous le nom de *développement conique*. — V. CARTES ET PLANS.

On démontre, en géométrie, que la section d'un cône circulaire droit par un plan quelconque est une courbe du second degré, d'où le nom de *sections coniques* donné à ces courbes. — V. CONIQUE.

Caractères analytiques. Si l'on rapporte un cône à trois axes de coordonnées, et à son sommet pris pour origine, l'équation de la surface est de la forme

$$f\left(\frac{x}{z}, \frac{y}{z}\right) = 0$$

c'est-à-dire homogène par rapport aux trois variables. On peut s'en rendre compte *à priori*, en remarquant, d'après le mode de génération de la surface, qu'une génératrice est déterminée seulement par son coefficient angulaire, et par suite, l'équation doit se trouver satisfaite tant que les variables conservent entre elles un rapport déterminé égal à ce coefficient.

Pour les applications mécaniques des surfaces dérivées du cône, nous renvoyons aux mots ENGRENAGE, TOUR, TRANSMISSION.

CONFECTION. L'industrie de la confection est celle qui consiste dans la fabrication des vêtements de tous genres, faits à l'avance et le plus souvent à la mécanique. Elle se divise en deux genres principaux : 1° la *confection pour hommes* ; 2° la *confection pour dames*. On peut en ajouter un troisième qui se rattache à l'*équipement militaire*.

HISTORIQUE. L'industrie de la *confection pour hommes* en France ne remonte guère à plus de 50 ans. Avant ce temps, vers la fin du premier empire, les habits étaient exclusivement confiés aux mains des tailleurs, qui com-

prenaient deux catégories : les *tailleurs* proprement dits, faisant les habits sur mesure et à façon; et les tailleurs *ambulants*, parcourant les villages en se chargeant sur place de la réparation et des retouches aux habits déjà portés.

On peut dire que les tailleurs firent tout ce qu'ils purent pour amener chez nous l'industrie de la confection, qui devait leur créer une si redoutable concurrence. Peu à peu, en effet, quelques-uns d'entre eux essayèrent de vendre quelques vêtements tout faits, et, pour créer une distinction entre eux et les tailleurs ordinaires, ils s'intitulèrent *marchands tailleurs*. En outre, dans un esprit de concurrence, ils n'acceptèrent plus, comme autrefois, d'être payés comptant, et ils accordèrent de grands crédits. Comme il arrive toujours, le public exagéra ces crédits; et, les échéances demandées finirent par devenir si éloignées et si arbitraires, que les marchands tailleurs, pour trouver une compensation plus que convenable à la longueur des paiements, prirent la résolution d'augmenter de 25 à 100 0/0 le prix des habits qu'ils vendaient.

Outré de leurs prétentions, et frappé des avantages qu'il y aurait à vendre des habits tout faits meilleur marché, en supprimant le crédit, un négociant intelligent, Pierre Parissot, en 1826, fit un voyage en Angleterre pour étudier sur place l'industrie des *out fitters*, sorte de boutiquiers qui, de temps immémorial, vendaient à Londres, à Liverpool et à Dublin, non seulement des habits tout faits, mais encore des malles, des aiguilles, des cannes, des parapluies et jusqu'à des médicaments. Ces *out fitters* étaient alors célèbres et très goûtés des Anglais, race voyageuse par excellence, et très aise de rencontrer sans se déranger tout un confortable réuni dans une seule maison. Quand il revint, il était fixé. Il n'y avait alors, à Paris, rien qui ressemblât à ce qu'il voulait faire. On trouvait bien à acheter aux marchés de la Tour-Saint-Jacques et de La Villette, des blouses, des bourgerons ou des vêtements de drap exclusivement à l'usage des gens de la campagne; les personnes peu difficiles trouvaient même quelquefois des vêtements d'occasion, qui se vendaient fort cher, au Temple ou au marché des Patriarches; mais il n'y avait pas de maison de confection proprement dite. Pierre Parissot s'installa alors, en 1827, en pleine cité, dans une petite boutique de 12 mètres, à l'enseigne de la « Belle Jardinière, » ainsi nommée du voisinage du Marché aux fleurs.

Durant vingt années, la maison de Pierre Parissot ne fit que végéter, mais il finit enfin par remporter la victoire. Pendant et après ces vingt ans, mais surtout depuis 1850, sa petite boutique ne cessa de s'agrandir, de se dilater pour ainsi dire, de repousser les parois qui l'emprisonnaient, de s'annexer d'abord les étages de la maison dont elle occupait le rez-de-chaussée, puis les maisons mitoyennes, et après celles-ci les autres, si bien qu'en 1866 la « Belle Jardinière » avait réparti ses magasins et ses ateliers dans un îlot de vingt-cinq vieilles maisons de la cité; Pierre Parissot était mort en 1860, mais il avait créé et laissait florissante une industrie nouvelle, celle de la confection des vêtements. C'est la maison qu'il a créée qui aujourd'hui est installée quai de la Mégisserie sous la direction de ses neveux et héritiers.

Maintenant, grâce au génie de Pierre Parissot, il y a dans Paris nombre de maisons de confection, et cette industrie s'est étendue à toutes sortes d'objets : elle n'avait auparavant pour but que d'habiller les petits propriétaires, employés, rentiers et ouvriers, aujourd'hui non seulement on trouve dans les maisons de confection les habits les plus luxueux, mais il est certaines maisons qui se sont restreintes à des spécialités : il y a maintenant la confection militaire, exclusivement réservée à l'armée, aux uniformes divers de lycée, corps constitués, etc., la confection pour enfants, pour ecclésiastiques, pour livrées de domestiques, etc. Cette industrie a pris de nos jours un développement extrême dû à l'aisance générale, à l'accroissement de la population, à l'empire de nos modes sur l'étranger et surtout à l'abaissement continuel du prix de nos tissus.

Ce fut seulement en 1842 que l'on vit des maisons de confection s'établir en province. Tout d'abord, les grandes maisons de Paris établirent des succursales dans les principales villes, puis ce fut au tour des maisons de province à faire concurrence, dans la mesure du possible, aux maisons de Paris. Aujourd'hui, on compte, dans les divers départements, un nombre de maisons de confection au moins décuplé de celui de Paris. Dans les années qui suivirent 1854, époque où apparut la machine à coudre, qui permet de produire plus rapidement et à plus bas prix, ces maisons se multiplièrent considérablement.

L'exportation de la confection ne date que de 1844. On vit d'abord quelques pacotilleurs acheter un certain nombre de lots de vêtements en solde et les envoyer en Amérique comme représentant le dernier mot de la mode de Paris. Ces vêtements furent très goûtés, les demandes affluèrent; et lorsque les maisons de confection proprement dites s'aperçurent que leur marchandise était très demandée, ils envoyèrent des voyageurs parcourir les pays d'outremer, et quelques-unes y établirent même des succursales.

Quant à la *confection pour dames*, elle ne s'est surtout développée qu'en 1851, alors seulement que les manteaux furent de mode, et remplacèrent en grande partie les écharpes et les châles. Comme pour la confection pour hommes, cette industrie a supplanté, sans les supprimer, bon nombre de couturières à façon, et elle a pris une importance extraordinaire.

Commerce de la confection. Voici dans ces dernières années à quel chiffre se monte l'exportation de la confection :

Spécification	1879	1880	1881
	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Confections pour hommes	2.104.853	2.451.121	3.331.800
Confections pour femmes, en soie.	11.695	14.001	36.416
Confections pour femmes, en autres tissus	214.878	469.981	670.762
Habillements vieux	235.203	310.907	315.800
Totaux. . . .	2.566.629	3.246.010	4.354.778

Les principaux pays où l'on expédie la confection de France sont l'Algérie, la République Argentine et le Chili; viennent ensuite la Suisse, l'Allemagne, le Brésil, l'Angleterre, les Etats-Unis, la Belgique, etc.

Voici les chiffres qui représentent l'importation durant la même période :

	1879	1880	1881
	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Vêtements confectionnés pr voyageurs.	414.854	440.578	184.000
Autres.	5.417	6.260	38.100
Vieux habits. . . .	33.201	25.683	62.300
Totaux. . . .	453.472	472.521	284.400

L'importation, comme on le voit, est de beaucoup moins importante.

Confection pour hommes. L'industrie de la confection pour hommes, née, comme nous

l'avons expliqué, des besoins que ne pouvaient satisfaire les moyens limités de production, rend d'immenses services à la société. Elle permet à l'honnête ouvrier, qui ne pourrait acheter un vêtement de haut prix, de s'habiller convenablement à peu de frais; et peut-être a-t-on le droit de dire qu'elle aide à l'amélioration des mœurs, car si noblesse oblige, costume oblige aussi, et l'ouvrier en redingote est porté à se respecter plus que l'ouvrier en blouse.

Aujourd'hui, toute personne qui veut se choisir un vêtement dans une maison de confection d'une certaine importance y trouve des habits faits de tissus variables en couleur et en qualité, de toutes mesures et de toutes formes, suivant la mode moyenne du moment et à des tailles aussi nombreuses que possible. L'acheteur est servi instantanément, et il y trouve toute l'économie désirable, car il ne dépasse pas, s'il le désire, la somme qu'il peut ou qu'il veut dépenser.

Pour donner une idée de ce qu'est aujourd'hui l'industrie de la confection pour hommes, nous ne pouvons mieux faire que de décrire l'agencement de l'une des grandes maisons de Paris qui la représentent le mieux et nous prierons le lecteur de vouloir bien entrer avec nous dans une maison de premier ordre : nous laissons en bas les comptoirs de cravates, gants, ombrelles, parapluies, bonneterie, chemiserie et chapellerie, qui nous intéressent moins, et nous montons aux étages où l'on s'occupe de la confection pour hommes.

Ce premier étage est divisé en plusieurs sections. Les unes sont réservées à la vente des vêtements confectionnés, suspendus en rangs pressés dans des espèces d'armoires ou *accrochoirs* garnis de rideaux de toile. Les autres comprennent les services de commandes d'effets sur mesure. Là, le client, ayant choisi le drap qui lui convient, passe entre les mains d'un employé qui prend les mesures des vêtements commandés, les note en même temps que le nom et l'adresse du client, le numéro de l'étoffe choisie, les observations particulières. Sur le désir exprimé, le tout est immédiatement confié aux coupeurs et aux bâtisseurs, qui ébauchent le vêtement et le renvoient à l'essayage. Conduit dans un cabinet particulier garni de glaces, le client essaie, fait ses observations, que l'on consigne sur la feuille de signalement, puis il est avisé du jour où il pourra revenir prendre livraison de sa commande.

Au second étage, nous trouvons les coupeurs de vêtements sur mesure groupés sous une grande coupole de verre, puis de nouveaux magasins dits de réserves, où viennent se ranger et s'empiler avec soin dans des tiroirs, dans des armoires, derrière les toiles grises des accrochoirs, les énormes stocs de marchandises préparées pour la vente et qui vont sans cesse remplir les vides faits aux étages inférieurs par les livraisons journalières. C'est également à cet étage que se trouvent les vêtements ecclésiastiques.

Si, au second étage, nous avons déjà rencontré les coupeurs, c'est surtout au troisième que travaille le groupe le plus nombreux. Cet atelier est tout entier disposé sous un grand lanterneau.

Ces coupeurs du troisième étage taillent les vêtements confectionnés, en se servant d'une collection de patrons tracés et découpés en carton léger. Cette collection est extrêmement variée pour les diverses pièces de vêtements: pantalons, gilets, habits, pardessus, redingotes, jaquettes, vestes, etc., et il est bien rare, à moins que le client ne soit lui-même une exception d'enbonpoint ou de maigreur, que la maison ne puisse trouver un vêtement à sa taille. Ainsi, pour le pantalon, par exemple, elle peut trouver ce qu'il faut à un tambour major de $1^m,90$ de hauteur, et comme corpulence, le client de $1^m,28$, ce qui représente un diamètre plus que marqué.

Au même étage que les coupeurs de confection, se trouvent les ateliers des *pompiers*. Ce terme, dans le sens tout à fait particulier que lui assignent les tailleurs, désigne les ouvriers retoucheurs. Il arrive, en effet, qu'un vêtement, tout en convenant parfaitement au client, ait besoin d'une légère retouche : un recul de boutons, un raccourcissement des manches. Dans ce cas, le vêtement est remis aux ateliers des pompiers ou *retoucheurs*, et renvoyé quelques instants après, sans perte de temps.

Les coupeurs reçoivent des magasins la pièce d'étoffe dans laquelle ils doivent tailler le vêtement, puis cette taille ou coupe achevée, ils roulent ensemble les différents fragments pour en former un paquet adressé à d'autres employés qui y joignent la doublure nécessaire, les passementeries, boutons, etc. A chaque opération, la fiche indicatrice établie pour le vêtement dès qu'il est conçu, fiche qui constitue son état civil, reçoit une indication nouvelle: d'abord numéro de la pièce d'étoffe, puis, successivement, quantité de tissu employé, quantité de doublure, de passementeries, de boutons, nom de l'ouvrier qui va en rassembler les divers éléments.

Ce n'est pas dans la maison même que les vêtements confectionnés ou de commande sont cousus, mais au dehors par des ouvriers tailleurs habitant chez eux et exécutant chaque pièce suivant un tarif accepté.

Telle est l'organisation des magasins et ateliers d'une maison de confection modèle. Si l'on songe qu'à tout cela, il faut ajouter, l'agencement et l'arrivée des tissus dans des magasins spéciaux (le plus souvent en sous-sol), l'organisation du service des eaux et de l'éclairage, la direction de l'alimentation et du logement des employés qui, presque toujours, sont nourris et couchés dans la maison, on comprendra combien présente de difficultés la direction de semblables établissements dont quelques-uns, à tout cela, ont encore ajouté des salons de lecture, des buffets et des galeries de tableaux pour les clients, auxquels ils offrent encore le soir des concerts gratuits dans leurs magasins.

Confection pour dames. Comme nous l'avons dit, ce n'est que depuis 1850 que sont organisées en France les maisons proprement dites de « confections pour dames ». Autrefois toutes les dames sans exception, faisaient « confection-

ner » leurs vêtements *à façon* par des *couturières* qui se rendaient à leur domicile, qu'elles payaient à la journée, qu'elles nourrissaient quelquefois, et à la disposition desquelles elles mettaient tout ce qui était nécessaire pour le travail auquel elles leur demandaient de se livrer : étoffe principale, doublure, boutons, rubans et fournitures de toutes sortes. Mais ce qui convenait alors à la toilette des femmes ne saurait être suffisant à l'époque où nous vivons. Le goût des garnitures n'était pas alors arrivé au degré de profusion auquel nous le voyons atteindre de nos jours, les étoffes employées étaient meilleures, plus solides et plus simples. Tout ce qui était ornement de la robe y était simplement cousu, il suffirait d'avoir assez de talent pour le bien attacher et assez de goût pour le bien placer, pour obtenir une réputation de bonne *couturière*. Ce qu'on appelle aujourd'hui l'art de la *coupe* était complètement inconnu : toute ouvrière employée de prime abord, avant d'aller au domicile des clientes, chez une maîtresse de couture, y avait appris à copier cinq ou six *patrons* principaux ; à la fin de son apprentissage, elle emportait ces modèles et n'en créait pas de nouveaux : au besoin, pour les renouveler, elle copiait, s'il était nécessaire, un ancien corsage de sa cliente. C'est d'ailleurs encore de cette façon que travaillent de nos jours bon nombre de petites couturières de province et même de Paris.

Ce furent les exigences de la clientèle qui changèrent le caractère de cette manière de travailler. Autrefois on exigeait d'un vêtement qu'il fût solide et durât longtemps, on désire aujourd'hui qu'il soit conforme aux fluctuations d'une *mode* qui change souvent, plusieurs fois dans l'année. L'industrie toute domestique de la confection pour dames est véritablement devenue aujourd'hui de l'art industriel ; et de là a surgi la nécessité de créer mille et un moyens nécessaires à faciliter l'apprentissage des jeunes filles qui se destinent au travail de la couture. De ce nombre sont les *Journaux de modes* et les *Ecoles professionnelles*. Les journaux de modes, généralement hebdomadaires, ou bi-mensuels, ont contribué pour une large part au progrès de la confection pour dames, non seulement en tenant leurs lectrices au courant des meilleures méthodes de facture, mais encore en s'ingéniant à créer de nouveaux modèles et s'efforçant de les faire adopter grâce à leur bon goût et leur originalité. Dans les écoles professionnelles, les jeunes personnes reçoivent l'instruction primaire qui leur est nécessaire si elles sont assez intelligentes et deviennent plus tard assez fortunées pour gérer elles-mêmes une maison de confection ; et, en outre, elles apprennent sous toutes leurs formes, la couture, l'ornement et la coupe des vêtements ; plus tard, elles n'ont plus qu'à appliquer par une pratique plus directe les éléments qui leur ont été enseignés.

Elles se fortifient généralement dans cette pratique de leur profession, non plus en travaillant à domicile, mais en entrant dans un *atelier de confection*. Dans ces ateliers, on ne travaille plus à façon ; car, le progrès aidant, les directrices ont trouvé le moyen de se faire sur la fourniture des étoffes un bénéfice tout aussi réel que celui qu'elles peuvent obtenir par la main-d'œuvre sur les costumes qu'elles confectionnent. Ajoutons qu'en outre la profession de couturière a amené celle de *couturier*, et que dans certaines maisons de grande importance la direction est entre les mains d'un homme, qui en est le directeur spécial. Ce directeur ne s'occupe souvent que de la vente, des achats ou des affaires de caisses. Sa maison est divisée en plusieurs ateliers, à la tête desquels est ce qu'on appelle une *première*. A chaque première est attribuée une besogne spéciale, aux unes la coupe, à d'autres l'essai des vêtements, à d'autres la direction des ouvrières, etc. Il est aussi des ateliers qui se réservent certaines parties du vêtement, d'autres qui ne travaillent que d'autres parties : c'est ainsi qu'on voit l'atelier des manches, l'atelier des corsages, l'atelier des jupes, etc., naturellement, les premières de tous ces ateliers s'entendent entre elles pour la confection d'un costume complet, commandé ou non, et lorsqu'un costume leur semble bien réussi, elles le font souvent copier par un journal de mode qui leur est attaché, et contribuent de cette façon à soutenir la bonne réputation de la maison qu'elles représentent.

Dans certaines maisons de moindre importance il n'y a qu'une directrice et une première : la directrice fait alors les achats et s'occupe un peu de la vente, la première fait les coupes, essaie les vêtements et dirige l'atelier ; dans d'autres, la maîtresse de maison s'occupe seule de tout ce qui concerne la vente, l'achat, la coupe, l'essayage et la direction des ateliers, elle est première et directrice tout ensemble.

Enfin, il est des maisons de grande importance qui sont organisées de façon à n'avoir pas d'ateliers chez eux. Les fournisseurs leur apportent au commencement de chaque saison des échantillons de nouveautés (draperies, soieries, passementerie, etc), dont ils font un choix intelligent en essayant de suivre et même de pressentir la mode. Ces échantillons sont livrés à ce qu'on appelle des « entrepreneurs de confections », qui ont la spécialité de la création de modèles, et taillent le tissu, qu'ils arrangent avec des garnitures en simulant les ornements à l'aide de mousseline découpée de diverses façons. Lorsqu'un entrepreneur a réussi une « création », que celle-ci a été choisie par le couturier en rapport avec son goût ou les exigences de sa clientèle, il s'engage à en faire autant de modèles, qu'il est nécessaire et surtout à ne rien montrer aux concurrents de la maison avec laquelle il est en relations. Il s'agit donc là d'une affaire de confiance, sur l'importance de laquelle il ne nous semble pas nécessaire d'appuyer.

Le désir de se passer des entrepreneurs de confection a fait que certaines couturières ont monté leur maison avec des coupeurs spéciaux, des essayeurs et des ouvriers chargés des vérifications. Ils créent donc leurs vêtements chez eux Une fois ceux-ci réussis, on en confie le modèle à des confectionneurs en gros, qui coupent les étoffes au sabre, les cousent à la machine, et grâce à la division du travail, peuvent ainsi livrer par

grandes quantités des vêtements de femme relativement bien faits et à bon marché. Un grand nombre de ces vêtements sont achetés à Paris par les négociants de province et exportés en assez forte quantité.

Nous ferons remarquer que dans l'industrie de la confection pour dames, le talent de l'étalagiste est devenu presque un art. L'invention toute récente de bustes de formes élégantes et régulières, moulés d'après nature par un procédé spécial, et tendant de plus en plus à remplacer les anciennes carcasses disgracieuses et embarrassantes en fer ou en osier, a puissamment aidé les confectionneurs dans cette voie. A ces bustes, certains grands magasins, ceux du *Louvre*, par exemple, ont adjoint des écrans grandeur naturelle, sur lesquels un dessinateur habile a fait figurer une personne portant un costume confectionné : les étoffes découpées et soigneusement drapées, munies d'un bout de garniture, suivent les contours du dessin, et font de ce genre de réclame un véritable travail d'artiste. Ajoutons que tout cela a l'incontestable avantage de former et d'aider le goût des ouvriers coupeurs. — A. R.

* **CONFECTIONNEUR, EUSE.** *T. de mét.* Se dit plus particulièrement de celui, de celle qui confectionne des vêtements.

CONFIRE. *T. techn.* Faire macérer dans un liquide qui les imprègne et les conserve des substances végétales comestibles. || *Confire les peaux*, les faire baigner dans le *confit*, avant le chamoisage.

CONFISERIE. Ce mot désigne à la fois: 1° l'industrie du confiseur; 2° les produits de cette industrie; 3° le local occupé par le confiseur.

La liste des produits qui sont du ressort de la confiserie est considérable: outre les confitures, gelées, compotes, marmelades, fruits confits et glacés qui constituent à proprement parler les conserves au sucre, le confiseur débite également les dragées, les pralines, les nougats, les pastilles, les chocolats, les sucres d'orge, sucres de pomme, sucres cuits ou moulés de toutes formes, les sirops et les liqueurs, sans compter les divers bonbons de fantaisie que chaque nouvelle année voit éclore.

Il ne faudrait pas croire, cependant, que le confiseur fabrique lui-même tous les produits qu'il vend: autrefois, il est vrai, il n'achetait que les matières premières (sucres, fruits et substances aromatiques), et s'efforçait de dresser dans un long apprentissage des ouvriers capables d'effectuer, sous ses yeux, toutes les préparations de la confiserie. Mais aujourd'hui la nécessité de diviser le travail pour abaisser le prix de revient, la hausse toujours croissante du prix de la main-d'œuvre dans les villes, ont amené progressivement le confiseur à renoncer à préparer les produits les moins sujets aux variations de la mode et du goût. De grandes usines ont été installées pour fabriquer certains produits spéciaux et les fournissent au confiseur qui se borne à y apposer son nom et ses étiquettes. Le confiseur continue cependant à préparer chez lui les bonbons de fantaisie, les menues confiseries, ou les produits qui ont fait une marque à sa maison. Dans certaines villes, en effet, les confiseurs s'adonnent plus spécialement à la fabrication des produits qui ont valu une réputation à la région; on cite les dragées de Verdun, les confitures de Bar, les sucres de pomme de Rouen, le nougat de Montélimar, etc.

La création des usines spéciales dont nous avons parlé a contribué indirectement à modifier plus profondément encore la situation de la confiserie en tant qu'industrie distincte, car un grand nombre de débitants de boissons ou de denrées alimentaires se sont faits, comme les confiseurs proprement dits, dépositaires des produits de ces usines, de sorte qu'on les trouve indistinctement aujourd'hui chez les confiseurs-liquoristes, chez les pâtissiers-confiseurs et chez les épiciers.

On voit combien est difficile de fixer les limites d'une industrie qui comporte tant de branches diverses constituant pour ainsi dire des industries ou des métiers distincts.

Il est également impossible d'insister, dans cette étude rapide, sur les détails de préparation de bonbons de fantaisie, qui ne sont d'ailleurs souvent que d'anciennes préparations légèrement modifiées ou combinées entre elles, et pour lesquelles le tour de main de l'ouvrier, la forme extérieure, le luxe ou l'élégance de l'enveloppe sont les principaux éléments de succès.

Nous nous bornerons donc à donner quelques indications sommaires sur la composition et la préparation des confiseries en quelque sorte classiques, consacrées par une vogue ininterrompue, et peu sujettes, par conséquent, à disparaître de la consommation.

Mais avant de commencer cette revue, nous devons dire quelques mots des fraudes et falsifications que l'on constate trop souvent dans les produits de cette industrie alimentaire.

Falsification des confiseries. *Imitations.* Si depuis 1820, l'emploi de la vapeur, des machines, et les progrès de l'industrie ont amené des perfectionnements heureux dans les procédés de la confiserie, l'art de la fraude et des falsifications a malheureusement fait aussi des progrès effrayants. Ces fraudes sont d'autant plus blâmables qu'elles s'attaquent de préférence aux produits qui, comme les confitures, les gelées, les sirops, constituent pour les enfants, les malades, les convalescents de véritables aliments. A côté de produits sains et bien préparés, certains fabricants fournissent aux détaillants sous le nom de demi-fins, quart-fins et ordinaires, des préparations dans lesquelles le glucose remplace une partie ou la totalité du sucre; la gélatine et la pectine remplacent le suc de fruits; l'acide tartrique mélangé avec des essences et des éthers donne la saveur et l'odeur, enfin des couleurs artificielles complètent l'illusion.

Bouquets factices pour sirops et gelées. Le tableau ci-dessous dû à M. Klotzinski, donne la formule des principales essences dites de fruits, usitées en confiserie :

Essences dites de fruits, pour imitation de sirops, gelées, etc.

Noms des essences imitées	Chaque chiffre représente en centimètres cubes la quantité qui devra être ajoutée à 100 centimètres cubes d'alcool															Solutions alcooliques saturées à froid de				Glycérine
	Chloroforme	Ether nitrique	Aldéhyde	Ether acétique	Ether formique	Ether butyrique	Ether valérianique	Ether benzoïque	Ether œnanthylique	Ether sebacylique	Ether métyl-salicylique	Ether amyl-acétique	Ether amyl-butyrique	Ether amyl-valérianique	Essence d'orangé	Acide tartrique	Acide oxalique	Acide succinique	Acide benzoïque	
Ananas . . .	1	»	1	»	»	5	»	»	»	»	»	»	10	»	»	»	»	»	»	3
Melon	»	»	2	»	1	4	5	»	»	10	»	»	»	»	»	»	»	»	»	3
Fraise. . . .	»	1	»	5	1	5	»	»	»	»	1	3	2	»	»	»	»	»	»	2
Framboise. .	»	1	1	5	1	1	»	1	1	1	1	1	1	»	»	5	»	1	»	4
Groseille . .	»	»	1	5	»	»	»	1	1	»	»	»	»	»	»	»	»	1	1	»
Raisin. . . .	2	»	2	»	2	»	»	»	10	»	1	»	»	»	»	5	»	3	»	10
Pomme . . .	1	1	2	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	10	»	»	1	»	»	4
Orange . . .	2	»	2	5	1	1	»	1	»	»	1	10	»	»	10	1	»	»	»	10
Poire	»	»	»	5	»	»	»	»	»	»	»	10	»	»	»	»	»	»	»	10
Citron. . . .	1	1	2	10	»	»	»	»	»	»	»	»	»	10	»	10	»	1	»	5
Griotte. . . .	»	»	»	10	»	»	»	5	2	»	»	»	»	»	»	»	1	»	2	»
Cerise. . . .	»	»	»	5	»	»	»	5	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	3
Prune. . . .	»	»	5	5	1	2	»	»	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	8
Abricot . . .	1	»	»	»	»	10	5	»	1	»	2	»	1	»	»	1	»	»	»	4
Pêche. . . .	»	»	2	5	5	5	5	»	5	1	2	»	»	»	»	»	»	»	»	5

Ces produits sont d'un prix élevé, mais quelques gouttes suffisent pour aromatiser une grande quantité de matière.

L'essence de coing se prépare en prenant parties égales de pelargonate et de rutate d'éthyle (éthers pelargonique et rutique).

Coloration artificielle. Une ordonnance de police du 15 juin 1862 a déterminé les substances colorantes qui peuvent être employées sans danger pour la santé publique. Sont autorisés pour les confiseries les colorants suivants : le bleu d'outremer, le carbonate de chaux, les ocres et toutes les matières végétales sauf la gomme gutte et l'aconit-napel.

La confiserie a donc à sa disposition :

Pour le blanc. . .	La farine, l'amidon, le carbonate de chaux.
Pour le rouge. . .	Cochenille, carmin, garance, suc de betterave rouge, de cerises, de raisin noir.
Pour le jaune . .	Curcuma, safran.
Pour le bleu . . .	Indigo, laque.
Pour le vert. . . .	Suc d'épinards et mélange de bleu et de jaune.
Pour le noir. . . .	Encre de Chine.

Ces prescriptions ne sont pas toujours suivies rigoureusement et l'on emploie de plus en plus les couleurs d'aniline dont plusieurs sont souvent vénéneuses.

Enfin, et c'est là le principal reproche que l'on peut faire aux confiseurs, ces couleurs fussent-elles inoffensives, ils ont le tort de les employer, comme les essences factices pour fabriquer de toutes pièces des imitations vendues ensuite comme produits naturels. Ces manœuvres, on ne saurait trop y insister, se pratiquent avec l'assentiment du détaillant, mais à l'insu du consommateur ; et celui-ci doit encore s'estimer heureux si les sirops sans sucre, les confitures sans fruit ni sucre ne contiennent pas en revanche des substances nuisibles à la santé en cas d'usage prolongé, ou même tout à fait toxiques.

Cet état de choses, si préjudiciable aux intérêts et à la santé du public, subsistera et continuera à s'aggraver tant que les détaillants ne seront pas astreints à indiquer sur les étiquettes la provenance réelle des produits mis en vente.

Dans la revue que nous allons passer des diverses préparations comprises sous le terme générique de confiseries, nous aurons soin d'indiquer pour chacune d'elles la formule de préparation du produit vrai et celle de l'imitation.

PRÉPARATIONS DONT LE SUCRE CONSTITUE L'ÉLÉMENT PRINCIPAL. Cette classe comprend le *sucre d'orge*, le *sucre de pomme*, les *bonbons anglais*, les *sucres moulés*, les *sucres tors*, les *caramels*, les *pastilles*, les *bonbons fondants*. Tous ces produits, sauf les pastilles et fondants, s'obtiennent en amenant du sirop à un degré de concentration suffisant pour qu'il ne puisse cristalliser par refroidissement, et que le produit achevé conserve la transparence du sirop. Cette concentration correspond à 49 ou 50° Baumé et prend le nom de *cuite au cassé*.

Le sirop amené au cassé par ébullition, dans une bassine de métal, est coloré s'il y a lieu, puis coulé sur une table de marbre où on le parfume avec environ 1/1000e d'essences. Sans attendre qu'il se solidifie, on lui donne la forme définitive soit à la main, soit à l'aide de machines spéciales. Ces machines sont analogues à un laminoir : deux cylindres parallèles et horizontaux mus par une manivelle, portent en creux le dessin de la moitié de l'objet à reproduire. On moule ainsi les bonbons anglais et le sucre d'orge. Le sucre de pomme, dont le diamètre atteint jusqu'à 10 centimètres, est coulé dans des cylindres métalliques verticaux ; il n'est pas d'usage de le colorer et on ne le parfume qu'au citron ou à l'orange. Pour les bonbons anglais, on additionne le sirop, au mo-

ment de le couler, d'acide tartrique, jusqu'à saveur franchement acide. Les boules de gomme sont coulées dans des moules huilés semblables aux moules à balles. Le sucre d'orge et le sucre de pomme ne contiennent pas plus d'orge ou de pomme que les boules dites de gomme ne contiennent de gomme. Autrefois, il est vrai, pour dissoudre le sucre destiné à ces préparations, on employait au lieu d'eau une décoction d'orge, ou le suc provenant de la cuisson de pommes écrasées et passées, ou de l'eau de gomme.

Sucres cuits. Les divers objets en sucre cuit (pipes, cigares, sifflets, pistolets, animaux, etc.) que débitent les détaillants ambulants sur les promenades publiques, s'obtiennent en coulant le sucre cuit et coloré dans des moules en étain que l'on refroidit rapidement pour empêcher la cristallisation du sucre. Pour ces préparations qui sont très communes et ne se conservent pas, on utilise les déchets de sucre et de sirop de toutes sortes et on les additionne de 20 à 25 0/0 de glucose.

Caramels. Le sirop étant cuit au cassé, on y ajoute 10 0/0 de beurre; ou 25 0/0 de crême, ou de chocolat ou d'infusion de café; on le réchauffe et on le coule à l'épaisseur voulue, puis on applique sur la masse un emporte-pièces à cases qui la débite en petits rectangles ou en losanges; on passe ensuite un cylindre cannelé pour produire des rayures sur les grandes faces du bonbon.

Sucre tors (ou retors). Ce produit ne contient plus le sucre à l'état transparent, il est opaque et nacré: cet effet s'obtient en malaxant énergiquement sur le marbre le sirop coloré et parfumé, l'étirant et le repliant un grand nombre de fois, en s'aidant à cet effet d'un crochet fixe. L'interposition de l'air produit l'aspect soyeux. Quand la masse commence à devenir cassante, on débite en carrés, en rubans, en spirales.

Pastilles. Les différentes sortes de pastilles peuvent se ramener à deux types: les pastilles *à la goutte* et les *tablettes*. Les premières sont constituées non plus par du sirop cuit au cassé et destiné à rester transparent, mais par du sucre en poudre impalpable, englobé par du sirop saturé à chaud qui en se refroidissant agglomère les grains de poudre de sucre. Pour préparer les pastilles à la goutte, on délaye le sucre en poudre dans 10 0/0 de son poids de suc de fruits, ou d'eau contenant de l'acide tartrique, la couleur et le parfum. Puis on chauffe jusqu'à commencement d'ébullition, de manière à dissoudre une portion du sucre (20 0/0 environ); à l'aide d'un poêlon à bec affilé, on coule sur un plateau de métal des gouttes de composition aussi régulières que possible. Ces gouttes font prise rapidement; quand elles ont une consistance suffisante, on les met à l'étuve pour achever de les dessécher.

Tablettes. Dans ce genre de pastilles le sucre en poudre se trouve aggloméré à froid par une solution de gomme adragante (100 d'eau et 125 de gomme pour 1,000 de sucre). Les disques sont découpés à l'emporte-pièce.

Pastilles dites extemporanées. On donne ce nom prétentieux aux pastilles qui ne sont parfumées qu'après le coulage ou le découpage. Pour leur donner le parfum, on verse sur chacune d'elles, à l'aide d'un compte-gouttes, une goutte d'éther contenant 10 0/0 d'essence parfumée; l'éther pénètre la masse, mais il s'évapore rapidement et y laisse l'essence. On évite ainsi l'évaporation de l'essence inévitable pendant le coulage ou le moulage.

Fondants. Ces bonbons peuvent être comparés à des pastilles molles dont le sucre partie amorphe, partie cristallisé est à peine soudé par du sirop sursaturé et refroidi. On coule sur le marbre du sirop cuit seulement à 47 ou 48° Baumé (*Morve.* — V. Cuite), on le parfume et on le malaxe comme le sucre-tors, mais on ne le laisse pas se solidifier, on le broye et on le ramollit ensuite jusqu'à consistance de pommade en le chauffant dans un poêlon à couler; on verse ensuite dans des moules en plâtre tièdes et humides pour que le sirop n'y adhère pas trop. Quand les bonbons sont suffisamment durcis, on démoule et on met à sécher.

Préparations composées de sucre et de fruits. *Confitures, gelées, marmelades, compotes, conserves, fruits confits, fruits glacés*, etc. Les confitures et gelées sont constituées par des fruits ou des sucs de fruits plus ou moins cuits en présence d'une quantité de sucre suffisante pour assurer la conservation du produit pendant un temps plus ou moins long: ce sont de véritables conserves au sucre. Le sirop une fois refroidi ne doit pas marquer plus de 37 ou 38° Baumé, sans quoi il cristalliserait rapidement. On peut préparer les confitures avec toutes sortes de fruits ou de légumes, soit entiers, soit coupés en morceaux ou écrasés. Les fruits sont cuits avec un poids de sucre variant de poids égal à moitié de celui du fruit. La fabrication des confitures constituant une industrie spéciale, nous renvoyons à l'art. Confiture.

Gelées. Les gelées ou confitures transparentes se préparent en portant à l'ébullition la pulpe du fruit écrasée et tamisée avec poids égal de sucre, ou bien en chauffant le jus de fruit ou *conserve*, avec environ le double de son poids de sucre. La masse se prend en gelée par refroidissement. Les gelées ne peuvent s'obtenir qu'avec les fruits riches en acide pectique comme les abricots, les coings, les groseilles, etc. Aussi a-t-on le plus souvent recours à la gélatine pour préparer des gelées avec les fruits qui ne sont pas susceptibles d'en donner.

Gelées factices. On employait beaucoup autrefois la corne de cerf; aujourd'hui on se sert presque exclusivement de gélatine blanche ou de colle de poisson que l'on fait gonfler dans l'eau et que l'on additionne de jus de fruit et de sucre.

Formules de gelées factices.

	Sucre	Fruit	Eau	Gélatine	Essence	Acide citrique
Choux rouges.	1000	500	1000	20	»	»
Lichen.	500	200	300	20	»	»
Mousse de Corse	500	250	500	20	»	»
Oranges. . . .	1000	»	1000	50	1 gr.	5
Citrons . . .	1000	»	1000	50	1 gr.	5

Gelées de fruits à la fécule. On délaye la fécule froide, on y ajoute dix fois son poids de suc de fruit réduit à moitié par ébullition.

Gelées à la fécule sans fruits. On délaye la fécule dans 12 à 15 fois son poids d'eau bouillante, puis on colore en jaune ou en rouge. On ajoute 1,5 à 2 0/0 d'acide citrique ou tartrique et des essences. La gelée de framboise peut s'imiter en ajoutant un peu de poudre d'iris à la gelée de fécule colorée en rouge par du carmin, du jus de betterave rouge, ou du gros vin du midi. L'abricot s'imite à l'aide d'un mélange de mirabelles, de carottes râpées, de pommes, de poires et d'un peu d'essence spéciale. Pour les gelées dites ordinaires, on remplace 1/4, 1/3 ou moitié du sucre par du glucose.

Marmelades. Les marmelades sont des confitures demi-liquides, plus fluides que les confitures ordinaires, préparées avec poids égal de sucre et de pulpe de fruit finement écrasée et passée au tamis; on les cuit comme les confitures ordinaires en agitant continuellement la masse. Industriellement la cuisson se fait dans des chaudières à double-fond et à vapeur munies d'agitateurs.

Compotes. Les compotes sont des fruits entiers ou coupés en quartiers, baignés dans un sirop à 25 ou 30°. Les compotes ne peuvent se conserver que dans des vases clos et traités par le procédé Appert. Elles se consomment généralement de suite. Les fruits pelés et piqués sont d'abord passés à l'eau bouillante (blanchis), puis égouttés, passés au sirop à 25°, égouttés de nouveau, repassés au sirop et mis en bocaux.

Conserves de fruits. Les conserves ne sont que du jus provenant du fruit broyé et pressé, elles sont destinées en général à préparer des sirops ou des compotes, des gelées, quand la saison du fruit est passée. On conserve surtout les groseilles, framboises, cerises, merises et coings. On met en bouteilles et on traite par le procédé Appert. — V. Conserves alimentaires.

Fruits confits et glacés. Pour confire les fruits, on commence par les blanchir en les jetant dans l'eau maintenue à une température voisine de l'ébullition; on attend qu'ils remontent à la surface et on les plonge de nouveau à l'eau froide. Pour conserver la nuance des fruits de couleur tendre (abricots, pêches, poires), on ajoute 40 à 50 grammes d'alun par hectolitre d'eau froide. Pour les fruits verts, 20 à 30 grammes de sulfate de cuivre. Une fois refroidis, on leur fait prendre un bouillon (façon) dans du sirop simple à 25° Baumé, on les retire, on laisse égoutter le sirop et on recommence le lendemain et les jours suivants (de 5 à 8 fois), en augmentant la concentration du sirop à chaque façon: la dernière se donne avec du sirop à 36°; on conserve quelque temps en lieu frais et on emballe. Industriellement on emploie, pour le blanchiment, des bassines à double fond, ou ayant une grille au fond pour éviter les coups de feu. Les façons se donnent dans des bassines hémisphériques à double fond à vapeur, mobiles sur deux tourillons et pouvant basculer.

Fruits glacés. Les fruits glacés ne diffèrent des fruits confits que parce qu'ils sont plus secs, et recouverts d'une couche de cristaux de sucre microscopiques. Pour produire ces cristaux on glace, après avoir mis à l'étuve pendant une heure ou deux les fruits confits, on les fait bouillir dans du sirop à 38° ou 40° et on les tourne en laissant refroidir jusqu'à ce que le sirop commence à blanchir par suite de la formation de cristaux. A ce moment on retire les fruits, on les égoutte et on les enferme.

Pâtes de fruits. Les pâtes de fruit sont des confitures sèches résultant de la dessiccation presque complète à l'étuve de la pulpe des fruits écrasés, tamisés et additionnés ou non de sirop. 100 kilogrammes de fruit rendent 18 à 20 kilogrammes de pâte sèche. Ces pâtes servent soit à reconstituer des compotes en y ajoutant de l'eau et du sucre dans la proportion voulue et faisant bouillir quelques minutes, soit à faire des bonbons en forme de pastilles que l'on glace ensuite ou que l'on recouvre de sucre candi.

Pâtes ou saccharolés mous. Ce sont des dissolutions de principes mucilagineux de certains végétaux comme la gomme, le jujube, la guimauve, le lichen, la réglisse, clarifiées, concentrées par évaporation jusqu'à consistance de miel, puis additionnées de moitié de leur poids ou de poids égal de sucre, parfumées à l'eau de fleurs d'oranger ou à la vanille. Le tout est amené à consistance plastique, puis coulé en plaques et débité en petits carrés ou en baguettes. La dissolution et la cuisson se font dans des bassines à double fond et à vapeur, munies d'agitateurs mécaniques. On remplace généralement moitié du sucre par du glucose.

On prépare de même les boules de gomme vraies, mais au lieu de couler en plaques, on verse dans des moules en amidon, puis quand les boules sont froides, on les glace, en les disposant par lits dans des *candissoirs* ou cristallisoirs remplis de sirop à 37° Baumé à chaud qui, en se refroidissant, dépose une légère couche de sucre cristallisé ou candi.

Fruits a l'eau-de-vie. Rien de plus simple que ces sortes de préparations. Les fruits, naturels ou blanchis, sont mis à macérer soit à l'alcool à 50°, soit dans l'alcool à 60°, mais additionné de 20 0/0 environ de sirop saturé à froid. On peut encore, après avoir blanchi les fruits, leur donner une ou deux façons au sirop, puis les mettre à macérer dans l'alcool à 50°. — V. Sirop.

Dragées. Les *dragées* sont constituées par des amandes, avelines, pistaches, ou des bonbons solides recouverts d'une couche de sucre en poudre impalpable blanc ou coloré, rendu adhérent par de la gomme et de l'amidon. — V. Dragée

Pralines. Les *pralines* sont des amandes recouvertes d'une couche de sucre aggloméré, analogue à celui des dragées, mais auquel on évite de donner l'aspect parfaitement lisse recherché pour les dragées. Le principe de la préparation est presque le même : des amandes sont jetées dans du sirop saturé bouillant, on évapore en agitant toujours jusqu'à ce qu'il se forme sur chacune une couche adhérente et que les amandes commencent à pé-

tiller. On laisse refroidir puis on répète l'opération en alternant avec des additions de sucre en petits grains. On glace ensuite les pralines avec du sirop peu concentré que l'on égoutte vivement.

NOUGATS. Le *nougat* est un mélange d'amandes mondées, noyées dans une pâte solide formée de miel ou de sirop de blé parfumé, et de blancs d'œufs. On évapore le miel à consistance plastique puis on y verse le blanc d'œuf battu et l'eau de fleurs d'oranger; on ramène à la concentration précédente puis on y verse les amandes (2 parties d'amandes pour une de pâte) et on brasse; on coule ensuite sur du papier d'hosties, on aplatit à l'épaisseur de quelques centimètres, on recouvre d'une seconde feuille d'hostie, puis on débite en blocs rectangulaires et on conserve en lieu sec à l'abri du contact de l'air. Pour le nougat de Montelimar, le plus estimé, on emploie les doses suivantes :

Amandes	10 kilogr.
Pistaches	1 —
Sucre	5 —
Pralines roses	1 —
Miel blanc	5 —
10 blancs d'œufs.	

On remplace une partie du sucre par du glucose dans les nougats communs.

LIQUEURS. Les liqueurs des confiseurs sont constituées comme les sirops par de l'eau, du sucre et des sucs végétaux ou des décoctions aromatiques, mais elles contiennent en outre une proportion variable d'alcool. (Les confiseurs ayant entièrement abandonné aujourd'hui la préparation des liqueurs nous renvoyons à l'art. LIQUEURS.)

CONFISEUR, EUSE. *T. de mét.* Celui, celle qui fabrique des objets confits, des bonbons, des friandises dont le sucre est ordinairement la base.

* **CONFIT.** *T. techn.* Outre les comestibles préparés dans un liquide qui les conserve, on donne ce nom au bain de son ou de farine d'orge dans lequel les peaussiers mettent les peaux pour les faire dilater et ramollir ; l'opération du confit varie selon la saison : elle est de 24 à 48 heures en été et dure, en hiver, jusqu'à trois semaines.

CONFITURE. Les confitures sont constituées par un mélange de sucre et de pulpe de fruits amené par évaporation (cuisson) à un degré de concentration tel que la masse ne puisse plus fermenter, ni le sucre cristalliser par refroidissement.

Outre Paris qui est un centre important, la fabrication industrielle des confitures s'est localisée dans certaines régions.

Tous les fruits et un certain nombre de légumes peuvent être mis en confiture.

On ne peut donner une recette générale pour préparer les confitures : certaines espèces de fruits sont plus résistantes ou plus aqueuses que d'autres et exigent des quantités différentes de sucre. Des fruits de la même espèce, suivant qu'ils sont plus ou moins mûrs, supportent une ébullition plus ou moins prolongée. Il ne faut donc pas s'étonner si dans les recettes adoptées par les fabricants ou par les particuliers, les proportions respectives de sucre, de fruit et d'eau varient souvent du simple au double. Mais il faut remarquer que la suppression d'une partie du sucre ne constitue qu'une économie apparente, car pour amener la masse à la consistance voulue pour l'usage, on est obligé d'évaporer une quantité d'eau équivalente; de sorte que, outre la dépense plus grande de combustible que l'on est obligé de faire, le rendement en poids de confiture obtenue est moindre.

PRÉPARATION INDUSTRIELLE DES CONFITURES. Les opérations doivent être conduites très rapidement, car un jour de retard suffit pour faire gâter les fruits arrivés à pleine maturité. Ce sont généralement des ouvrières qui sont chargées du travail préliminaire des fruits. Elles ont devant elles plusieurs récipients ; l'un contient les fruits à traiter ; chaque fruit est examiné successivement, on retire les queues et noyaux, on les pèle et on les met dans un autre vase en rejetant tous les fruits gâtés, ou en enlevant seulement les parties endommagées. Chaque vase plein de fruit est aussitôt porté à l'atelier de cuisson. Si les fruits doivent être *blanchis*, on les verse dans une bassine contenant de l'eau bouillante. Aussitôt qu'ils remontent à la surface, l'ouvrier les jette dans un baquet d'eau froide que l'on vide ensuite. Si les fruits doivent être écrasés, ils passent dans des espèces de moulins analogues aux mélangeurs ou aux malaxeurs, ou sous des meules. La cuisson s'opère dans des bassines hémisphériques en cuivre, à double fond et à vapeur. Pour faciliter l'évaporation de l'eau, chaque chaudière est munie d'un agitateur mécanique à palettes qui divise continuellement la masse. Les chaudières sont placées sous une hotte à tirage énergique. Une fois cuite, on coule la confiture dans des bassines à bec, soit en renversant la chaudière si elle est mobile sur des tourillons, soit en ouvrant une vanne ou soupape de vidange placée à la partie inférieure. Du bassin à bec, on verse dans les pots alignés côte à côte. Les confitures sont généralement expédiées dans des pots en faïence appelés *calottes* et contenant 5 kilogrammes.

Confitures sans sucre dites *de ménage*. On emploie pour cela des fruits très mûrs et très sucrés, tels que mirabelles, abricots, prunes, reine-claude. On enlève les parties gâtées et on cuit à consistance voulue à feu nu en agitant toujours.

FALSIFICATION DES CONFITURES. On a vu à l'article CONFISERIE les falsifications que certains fabricants font subir aux confitures et gelées, en remplaçant une partie du sucre et du fruit par du glucose et de la fécule colorée et parfumée. On imite surtout les abricots par des carottes, du potiron, des poires et des pommes. — V. CONFISERIE.

* **CONFITURERIE.** Lieu où l'on fabrique les confitures, les gelées. || Art de préparer les confitures.

CONFITURIER, ÈRE. *T. de mét.* Celui, celle qui prépare ou vend des confitures.

* **CONFORMATEUR.** *T. techn.* Instrument qui, chez le chapelier, sert à prendre les mesures de la

tête pour y adapter un chapeau, selon sa conformation.

* **CONFORTABLE.** Outre sa signification connue, ce mot s'applique à un fauteuil capitonné et dont le bois est recouvert par l'étoffe.

CONFRÉRIE. L'ancienne communauté ouvrière n'était pas seulement une *corporation*, c'est-à-dire un ensemble de jurés, de patrons, de « valets, » d'apprentis soumis à des règlements et travaillant conformément aux statuts qui régissaient le métier; c'était encore une association religieuse et charitable remplissant le rôle de nos modernes sociétés de secours mutuels. La corporation, envisagée matériellement, était placée sous la protection du roi, de son prévôt ou de l'un de ses grands officiers; la confrérie, considérée comme une famille de frères — *confraternitas* —avait pour patron Dieu, la Vierge, un saint ou une sainte. L'une possédait une chambre syndicale où se traitaient les choses temporelles du métier; l'autre avait une chapelle où se célébraient les cérémonies propres à l'association, où se disaient les messes pour le repos de l'âme des confrères décédés, où se distribuaient, aux veuves, aux vieillards, aux orphelins, aux anciens ouvriers et patrons tombés dans le besoin, les aumônes recueillies pour eux ou provenant, soit de dons volontaires, soit des amendes ou condamnations prononcées contre les délinquants.

Le côté charitable de la confrérie est celui qui apparait le premier. A Paris, par exemple, bien avant que les orfèvres eussent leur chapelle dans la rue de ce nom, ils possédaient une « boîte, » ou caisse, dans laquelle était versé le bénéfice résultant de la vente faite, les dimanches et fêtes, par celui d'entre eux qui, seul et à tour de rôle, avait le droit de tenir boutique ouverte. Les sommes ainsi recueillies servaient non seulement à soulager les confrères malheureux, à aider les veuves et les orphelins, à élever et à instruire les apprentis « por Dieu, » c'est-à-dire par charité, mais encore à donner chaque année, le jour de Pâques, un dîner aux pauvres de l'Hôtel-Dieu. Comme l'idée charitable ne se séparait point, au moyen âge, de l'idée religieuse, la « boite » tendait naturellement à se confondre avec le « tronc, » et celui-ci n'était jamais mieux rempli que les jours où se célébraient les fêtes et cérémonies de la corporation. La confrérie, ou association religieuse des gens de métier, était donc, en première ligne, une société d'assistance mutuelle, qu'on n'eût pas comprise alors sous une autre forme.

A cette époque où la vie civile n'était pas, où les édifices profanes n'existaient nulle part, on n'eut pas compris davantage de simples réunions dans une chambre syndicale et sans aucun apparat; les cérémonies religieuses constituaient la seule pompe, le seul luxe que les corporations ouvrières pussent se permettre, et elles se le permirent. A Paris et dans toutes les grandes villes, les confréries voulurent avoir leur chapelle adossée à la nef des églises paroissiales, et presque partout elles en firent les frais. La messe patronale, le port du « bâton » et de la bannière, l'offrande du pain béni, la remise du « chanteau, » le banquet qui suivait les offices, tout cela était un cérémonial cher à tous les membres de la communauté.

Comme toutes les choses humaines, la confrérie a eu ses abus : l'esprit de fiscalité l'a dénaturée. Les banquets l'ont fait dégénérer en réunions sensuelles et tumultueuses. Les confréries, en se multipliant, auraient fini par envahir l'Etat et l'Eglise, si les pouvoirs civil et religieux n'étaient intervenus. Il y a, surtout aux XV^e^ et XVI^e^ siècles, de nombreux édits, ordonnances et mandements restreignant le droit de fonder des confréries nouvelles et ramenant les anciennes aux observances d'autrefois.

La proclamation, en 1776, de l'individualisme industriel et commercial devait être et a été, en effet, la mort de la confrérie, comme il a été celle de la corporation. En rompant le lien industriel, on a brisé du même coup le lien religieux, sauf dans certaines provinces où la tradition a été plus forte que l'esprit d'innovation. Il existe encore, dans un assez grand nombre de villes, des confréries volontaires de Saint-Eloi, de Sainte-Barbe, de Saint-Crépin, de Saint-Fiacre, de Saint-Joseph, etc., qui ont conservé les deux attributions essentielles de leurs devancières : l'assistance charitable et le cérémonial religieux.

Tout le côté civil et industriel de la *confrérie* sera exposé à l'article CORPORATIONS OUVRIÈRES. — L. M. T.

CONGÉ. 1° *T. d'arch.* Moulure en forme de quart de cercle qui raccorde le fût d'une colonne à la base et à l'astragale. || 2° *T. techn.* Raccordement d'une moulure avec un plan; raccordement de deux plans par un troisième. || 3° Outil à fût qui sert à faire ce raccordement. || 4° Renfort évidé d'une pièce de serrurerie.

* **CONGÉLATEUR.** Appareil destiné à congeler les liquides et particulièrement l'eau. — V. GLACIÈRE.

CONGÉLATION. *T. de phys.* Passage ou résultat du passage d'un liquide à l'état solide; ce mot s'applique particulièrement à l'eau et à tous les corps qui sont liquides aux températures ordinaires et généralement à ceux qu'il faut soumettre à de basses températures pour arriver à les solidifier. Le mot de *solidification* est synonyme de congélation, mais s'emploie spécialement à l'égard des corps qui sont solides aux températures ordinaires ou assez élevées. Congélation est prise aussi dans le sens d'action de congeler un liquide par un moyen quelconque. Ce passage d'un liquide à l'état solide s'effectue suivant des lois (comme les autres changements d'état); et ces lois sont inverses de celles de la fusion.

Première loi : chaque liquide se congèle ou se solidifie à une température qui lui est propre, qui est toujours la même, si la substance est pure, et si les conditions extérieures ne changent pas; cette température fixe se nomme le *point de congélation* ou de *solidification* de ce corps. Il coïncide généralement avec son *point de fusion.*

Points de congélation de quelques liquides.

Eau pure	0°	Acide sulfurique monohydraté	—34°
— de mer	— 2.5	Mercure	—40
Huile de navette	— 4	Acide sulfureux	—78
— d'olive	— 6	Ammoniaque	—80
— de colza		Acide carbonique	—90
— d'amandes douces	—10		
— de térébenthine			
— d'œillette	—18		
— de ricin			
— de chènevis	—27		
— de lin			
Alcool amylique (huile de pommes de terre)	—23		

Relativement aux huiles, il faut remarquer qu'elles commencent à s'épaissir bien avant de se solidifier. Ainsi l'huile d'olive s'épaissit à + 4°; celle d'œillette —2°, celle de lin à —20°.

Dans des conditions particulières, le point de congélation peut être abaissé bien au-dessous du point de fusion. Ainsi Gay-Lussac a pu conserver

de l'eau liquide à —12°, dans des tubes en verre. Despretz, en employant de l'eau purgée d'air par une ébullition prolongée dans des tubes de quelques millimètres de diamètre (tenus ensuite à l'abri de toute agitation et plongés dans un mélange réfrigérant, la surface de l'eau étant recouverte d'une couche d'huile) a pu atteindre la température de —20°, avant que le liquide se congelât. Mais quand la solidification commençait spontanément, ou qu'elle était provoquée par le contact d'un corps étranger, ou mieux d'une parcelle de glace, l'eau se solidifiait subitement en totalité, et sa température remontait rapidement à zéro.

Ce phénomène n'est point particulier à l'eau ; on peut le produire avec beaucoup d'autres substances ; il porte, en physique, le nom de *surfusion ;* ainsi le phosphore, le soufre qui fondent ou se solidifient respectivement à 44° et à 111°, dans les conditions ordinaires, peuvent rester liquides à 23° et à 10°.

On explique le fait par l'inertie des molécules qui, dans le voisinage de la température de solidification, se trouvent en équilibre instable. Un léger choc, un mouvement vibratoire, excité contre les parois du tube, ou la présence d'une parcelle de corps solide, détermine ces molécules à prendre les positions stables qui conviennent à l'état solide.

L'eau, renfermée dans des tubes capillaires, ou jetée en fines gouttelettes sur des corps qu'elle ne mouille pas, peut être amenée liquide à une température très inférieure à 0°. Il en est de même des très fines gouttelettes d'eau qui constituent les brouillards et les nuages, en certaines conditions météorologiques.

M. Mousson, à l'aide d'un appareil très résistant, est parvenu à abaisser le point de congélation de l'eau jusqu'à —18° et même —20°, sous une pression de 1,300 atmosphères.

Quelquefois la pression, au lieu d'abaisser le point de congélation, l'élève, au contraire, de quelques degrés ; c'est ce qui a lieu avec le blanc de baleine et la paraffine.

Deuxième loi : dès qu'un liquide commence à se congeler, et pendant toute la durée de sa solidification, sa température reste constante, malgré les causes extérieures de refroidissement, quelle que soit la quantité de chaleur soustraite à chaque instant. Cette loi et la précédente se vérifient facilement avec l'eau, en plaçant un thermomètre dans le liquide et en soumettant à un refroidissement artificiel ou spontané le vase qui le renferme. On voit l'instrument rester stationnaire à 0°, tant que dure la congélation. Cette fixité du point de congélation de l'eau ou de fusion de la glace dans les conditions ordinaires, sert de point de départ à la graduation des thermomètres.

Troisième loi : il résulte de la seconde loi que : *dans le passage d'un corps de l'état liquide à l'état solide il y a dégagement de chaleur*, comme il y a, au contraire, absorption de chaleur dans la fusion. On désigne cette chaleur sous le nom de *chaleur latente de solidification,* et de *chaleur latente de fusion.* — V. CHALEUR, § *Chaleur latente.*

Le dégagement de chaleur dans le passage d'un liquide à l'état solide explique, en particulier, la lenteur de congélation d'une masse d'eau exposée à une température inférieure à zéro de plusieurs degrés.

Quatrième loi : dans le passage d'un liquide à l'état solide, il y a changement de volume ; généralement c'est une diminution ; mais quelquefois une augmentation. Ainsi l'eau, à l'état de glace à zéro (sans bulles d'air) a un volume plus grand que l'eau à 0°, puisqu'elle flotte sur ce liquide. Il en est de même du soufre (propriété utilisée dans le moulage), de la stéarine, de la paraffine, de la cire, du bismuth, de l'antimoine, de la fonte et de quelques alliages.

Force expansive de la glace. L'augmentation de volume de l'eau en se gelant, sans être considérable, donne lieu cependant à un phénomène remarquable qui montre qu'en cette circonstance la glace déploie une force expansive très grande, et l'on pourrait dire irrésistible. En effet, si l'on remplit complètement d'eau à 0°, ou au moins à une température inférieure à +8°, un canon de pistolet qu'on ferme à vis, ou une bombe dont on ferme le trou de la fusée avec un bouchon en fer enfoncé fortement, et si l'on expose le tout à une forte gelée, au bout de quelque temps le canon se fend, la bombe se brise ou le bouchon est lancé au loin, tandis qu'un bourrelet de glace apparaît tout autour de la fissure ou sort par l'ouverture. Cette dernière expérience a été faite à Québec par le major William, par un froid de —20°.

Cette force expansive de la glace explique divers phénomènes, tels que la rupture des vases, des tuyaux remplis d'eau en temps de gelée, l'émiettement des *pierres gelives*, le soulèvement et la disjonction des pavés des rues, la désagrégation des roches, la rupture des vaisseaux des végétaux, etc.

Le même phénomène d'expansion se produit également avec les corps qui augmentent de volume en se solidifiant. On sait que la fonte, en se solidifiant, fait éclater le moule dans lequel on l'a coulée. Il en est de même du bismuth.

Il y a des liquides qu'on n'a pu encore congeler, tels que le sulfure de carbone, l'éther et diverses substances organiques ; mais le nombre des corps qui semblent faire exception à la loi générale, diminue à mesure que les moyens de refroidissement employés deviennent plus énergiques. On est donc conduit à admettre que tous les liquides peuvent être congelés, comme tous les solides ont été fondus et tous les gaz liquéfiés.

La plupart des corps passent nettement de l'état liquide à l'état solide ; d'autres traversent un état intermédiaire pâteux, comme les huiles, les corps gras, la cire, le phosphore, le verre, etc.

Regélation. Lorsque l'on comprime fortement deux morceaux de glace, l'un contre l'autre, ils adhèrent bientôt. Si l'on broie de la glace, qu'on la mette dans un moule en métal et qu'on exerce sur elle un très forte pression, tous les morceaux se soudent en une masse unique qui prend la forme du moule où on la comprime. Dans cette opération, les parcelles de glace ont éprouvé un commencement de fusion, puis une congélation nouvelle, qu'on nomme *regélation* ou *regel.* Cette

plasticité de la glace par compression a permis à M. Tyndall de faire, par ce mode de moulage, des coupes, des anneaux, des fleurs de glace. La neige est douée de la même plasticité. Pour les autres particularités relatives à la congélation plus ou moins rapide des eaux stagnantes ou en mouvement, profondes ou non, douces ou salées et pour ces différentes formes que prend l'eau en se congelant en gelée blanche, givre, neige, grésil, grêlons, en glaciers, en véritables montagnes dans les mers polaires, elles échappent à notre programme.

Pour la structure cristalline de la glace, des divers sels, des métaux, etc. — V. CRISTALLISATION, GLACE.

Les *procédés de congélation* des liquides sont nombreux et varient nécessairement selon la température plus ou moins basse qu'il faut réaliser pour atteindre et dépasser leurs points particuliers de solidification. A cet effet, on emploie: 1° les *mélanges réfrigérants*, formés d'eau et de sels, de glace ou de neige et de sels, d'acides et de sels, au moyen desquels on peut obtenir un abaissement de température de +10° à —30° et même à —40° en refroidissant préalablement les matières employées; 2° le *chlorure de méthyle liquide* (froid de —23°,7); 3° l'*évaporation spontanée* du liquide, exposé au rayonnement nocturne (procédé employé au Bengale pour obtenir de la glace); 4° l'*évaporation artificielle* au moyen d'une pompe pneumatique (appareil de M. Carré); 5° la *vaporisation* en verre clos, de l'acide sulfureux liquide (procédé Pictet), ou de l'ammoniaque (procédé Carré) ou du chlorure de méthyle (procédé Vincent), etc.

Comme *applications* de la congélation de l'eau, on peut citer les suivantes: lorsque l'eau de mer se gèle, c'est la partie aqueuse d'abord et non la partie saline qui se prend en glace. Les peuplades maritimes des régions septentrionales utilisent ce phénomène naturel pour extraire le sel marin. On met également à profit cette propriété dans la congélation à laquelle on soumet certains vins forts, pour en extraire la partie aqueuse et accroître ainsi leur richesse alcoolique; on les nomme alors *vins gelés*.

Pour les autres applications. — V. GLACE ARTIFICIELLE. — C. D.

CONGRÈVE. Usité seulement dans l'expression *fusée à la congrève* (du nom de l'inventeur). C'est une fusée explosive, très meurtrière. — V. FUSÉE.

***CONICITÉ**. *T. techn.* Forme d'un objet rond dont la section présente un côté incliné, et se rapproche de celle du cône. Nous avons dit, en parlant des bandages des roues des véhicules de chemins de fer, que ces pièces présentaient toujours une certaine conicité, et on voit en effet sur la section reproduite du bandage de machine type Nord (V. BANDAGE), que la surface de roulement est inclinée sur l'axe de la voiture du côté opposé au boudin, et par suite vers l'intérieur de la voie. La pente ainsi ménagée est de 1/20 environ. Cette disposition, combinée avec le calage des roues sur l'essieu, a pour but d'assurer la stabilité des véhicules en marche aux grandes vitesses, même dans les parties de voie en ligne droite et en dehors de l'intervention des boudins. Les deux roues solidaires doivent toujours, comme on sait, tourner du même angle et conserver en alignement droit le même diamètre de roulement. Aussitôt que les oscillations du véhicule viennent à déplacer transversalement l'essieu, et à reporter par suite les cercles de roulement sur des diamètres différents, la conicité produit sur la roue dont le diamètre est le plus grand, des efforts de glissement qui persistent jusqu'à ce que l'égalité soit rétablie. Ces efforts agissent ainsi comme une sorte de modérateur ou de frein qui tend à ramener le véhicule dans sa position normale en absorbant tous les chocs ou oscillations qu'il peut subir.

La conicité donnée aux bandages, qui présente en alignement droit des avantages importants, joue en outre un rôle tout à fait indispensable dans les parties de la voie qui sont en courbe, car elle permet alors aux roues conjuguées de s'inscrire dans la courbe de manière à effectuer, tout en conservant la même vitesse angulaire, les parcours inégaux qui leur sont imposés par la différence de largeur des deux rails extérieur et intérieur; et comme le rail extérieur est déjà surhaussé, il en résulte une certaine inclinaison des véhicules qui contrebalance la force centrifuge.

CONIQUE. *T. de géom.* On désigne sous le nom de *coniques* les courbes du second degré, ellipse, hyperbole et parabole. On démontre en effet que ces courbes résultent de la section du cône circulaire par un plan, et même que, réciproquement, une courbe donnée du second degré peut toujours être placée sur un cône circulaire donné. La section est une ellipse ou une hyperbole suivant que le plan sécant rencontre deux génératrices situées d'un même côté ou de part et d'autre du sommet du cône (celui-ci étant supposé formé de deux nappes indéfinies). Si le plan sécant est parallèle à une génératrice, la section est une parabole.

L'étude des sections coniques remonte à une haute antiquité, les géomètres grecs en avaient déterminé les principales propriétés:

Eulide avait écrit sur ce sujet un traité qui ne nous est pas parvenu; Archimède avait même établi la quadrature de la parabole. Appollonius de la Perge, qui vivait vers 222 avant J.-C. est le premier qui ait fait une étude d'ensemble de ces figures, en montrant le lien qui les rattachait et expliquant leurs différentes propriétés par la section du cône circulaire. Il avait écrit sur cette question huit livres dont il ne nous reste que les quatre premiers dans le texte original. Les livres 5e et 6e, dit M. Hœfer, ont été retrouvés dans une traduction arabe, et le 8e a été rétabli par Halley d'après les arguments conservés dans les lemnes de Pappus.

De nos jours, le géomètre Dandelin a trouvé une méthode très élégante pour la détermination des foyers et des directrices dans les sections coniques: il a donné ainsi une solution facile du problème qui consiste à placer sur un cône circulaire donné une courbe quelconque du second degré.

Nous rappellerons aussi les deux théorèmes célèbres des hexagones inscrits et circonscrits à une conique, dus respectivement à Pascal et à Brianchon, théorèmes qui dérivent eux-mêmes des propriétés générales des *systèmes homographiques*, trouvées par M. Chasles.

Nous renverrons pour l'étude des caractères géométriques et analytiques des courbes du second degré, définies par l'équation générale :

$$Ax^2+By^2+Cxy+Dx+Ey+F=0$$

à chacune des variétés : *ellipse*, *hyperbole*, *parabole* (voir ces mots) ; nous nous bornerons à faire remarquer que l'équation ci-dessus renfermant cinq paramètres arbitraires (les rapports de cinq des coefficients A, B, C, D, E, F au sixième), une conique est déterminée quand on connaît *cinq* relations entre ces paramètres.

Ainsi l'on pourra tracer la courbe si l'on en connaît cinq points, ou quatre points et une tangente, trois points quelconques et une tangente avec son point de contact, etc.

Il résulte de la définition même des courbes du second degré, que celles-ci ne peuvent être rencontrées par une droite qu'en deux points : analytiquement, cette intersection peut avoir lieu en deux points réels ou imaginaires.

L'étude des propriétés des sections coniques a permis de résoudre un grand nombre des problèmes de la mécanique céleste ; elle trouve aussi des applications fréquentes en mécanique appliquée.

* **CONITE.** *T. de minér.* Nom donné à des variétés de calcaire magnésifère ou silicifère. C'est un minéral brun, à cassure terne, conchoïde. Il fait effervescence avec l'acide azotique et fond au chalumeau en donnant une scorie grisâtre ; cette dernière propriété est due à la présence de la chaux mélangée pour ainsi dire mécaniquement à la silice. On trouve le conite en couches minces près de Beaulieu; aux environs d'Aix, d'Avignon ; près de Gripp, dans les Pyrénées.

CONNAISSEMENT. Déclaration contenant l'état authentique des marchandises chargées sur un navire, le nom des propriétaires, la destination, le prix du fret. Chaque connaissement est fait en quatre originaux, un pour le chargeur, un pour le destinataire, un pour le capitaine, un pour l'armateur. Tous les connaissements doivent être signés du chargeur et du capitaine. Dans les ports de la Méditerranée, le connaissement prend le nom de *police de chargement*.

CONNAISSEUR. — V. Amateur.

CONOÏDE, de κωνος (cône) εἶδος (forme). Surface gauche engendrée par une droite mobile assujettie à se mouvoir parallèlement à un plan donné (plan directeur) tout en s'appuyant constamment sur deux lignes données (directrices), qui, généralement, sont une droite et une courbe. On voit donc que si l'on veut obtenir une génératrice d'une pareille surface, il suffira de couper la surface par un plan parallèle au plan directeur.

Si la directrice droite est perpendiculaire au plan directeur le conoïde est dit *droit* ; c'est le plus employé, dans le cas contraire on a le conoïde *oblique*. On peut citer comme exemple de conoïdes droits : l'hélicoïde réglé à un plan directeur ou surface de vis à filet carré, dans lequel la directrice courbe est une hélice, la directrice droite, l'axe de cette hélice et le plan directeur un plan perpendiculaire à cet axe ; la voûte d'arête en tour ronde.

Disons enfin que quand les deux directrices du conoïde sont des droites, la surface engendrée prend le nom de *paraboloïde hyperbolique*.

* **CONQUE.** *T. de min.* Petite caisse en bois dans laquelle on place le minerai riche pour le sortir de la mine.

CONSCIENCE. *T. techn.* 1° Plaque d'acier ou de bois garnie de fer que l'on applique sur la poitrine, et qui porte une cavité où s'engage la tête du foret dans le perçage à l'archet. || 2° *T. d'imp.* Dans l'imprimerie on appelle *homme de conscience* celui qui est chargé de l'ordre intérieur de l'atelier, et l'ouvrier auquel on confie des travaux dont les difficultés rendent le tarifage impossible. — V. Compositeur. || 3° On donne aussi le nom de *conscience* à l'atelier où s'exécute le travail en conscience.

* **CONSERVATION.** En chimie, on donne ce nom aux divers procédés qui ont pour but d'empêcher l'altération ou la décomposition des substances animales ou végétales.

Conservation des substances organiques en général. Pendant sa vie, l'animal ou le végétal lutte incessamment contre les causes de destruction qui l'environnent ; mais à peine a-t-il cessé de vivre que toutes les substances qui le composent ou qu'on en a séparées de son vivant, subissent promptement une série d'altérations successives qui aboutissent à la décomposition, à la *putréfaction* et finalement au retour à des composés inorganiques stables. Aussi s'est-on évertué depuis longtemps à s'opposer à ces détériorations rapides. L'empirisme avait déjà cherché et trouvé bien des moyens, plus ou moins efficaces, pour conserver des substances organiques, avant que la science vînt éclairer et diriger les recherches de ce côté. Mais grâce à elle, on connaît maintenant les causes, les différentes phases et les résultats des transformations et altérations diverses des matières organiques : fermentation, putréfaction, etc., et on peut alors tenter méthodiquement et avec plus de chances de succès de réaliser leur conservation.

On sait que la matière organique qui a cessé de vivre retourne à l'état minéral par diverses voies : par la fermentation, par l'oxydation et par l'alimentation d'animaux inférieurs ; on sait que les causes premières et essentielles de décomposition de matières organisées sont : la présence simultanée de l'air, de l'humidité et de la chaleur de +15 à 35°. L'air agit par son oxygène pour transformer le carbone de la substance en acide carbonique, son hydrogène en eau et son azote en ammoniaque. L'hydrogène résultant de la décomposition de l'eau, rencontrant des matières sul-

furées et phosphorées, détermine aussi la formation des hydrogènes sulfuré et phosphoré qui produisent la mauvaise odeur des matières en décomposition. Par conséquent, tout ce qui s'opposera à la manifestation des phénomènes précédents constituera un moyen conservateur des matières organiques.

On peut ranger sous deux chefs les procédés de conservation: 1° ceux par lesquels on soustrait les matières putrescibles à l'action de l'air, de la chaleur ou de l'eau; 2° ceux par lesquels on imprègne de substances antiseptiques les matières à conserver.

L'expérience a constaté que les substances organiques *soustraites au contact de l'air*, peuvent se conserver presque indéfiniment, à l'abri de la fermentation et de la décomposition putride. C'est sur ce principe que s'est fondée la fabrication des conserves Appert, pour les viandes, les légumes et les fruits, soit dans des boîtes de ferblanc, soit dans des flacons de verre bouchés à l'émeri. C'est dans le même but que l'on rend imperméable par un lait de chaux la coque des œufs à conserver. Le succès des opérations sous-cutanées et celui du pansement ouaté, inauguré par le Dr Guérin, s'expliquent aussi d'après le même principe; cette filtration de l'air à travers la ouate est une conséquence et une des applications des plus heureuses à la clinique, de la théorie des germes, si méthodiquement établie par M. Pasteur.

On a reconnu expérimentalement que les substances organiques, même les plus facilement altérables (les matières azotées animales), se conservent intactes à une *basse température;* celle de 0° suffit en général; tandis que la chaleur de 15 à 38° est, au contraire, éminemment favorable au développement de la fermentation et de la putréfaction; et qu'une température supérieure à 40°, desséchant les substances, arrête la décomposition. C'est, en effet, au moyen de la glace que l'on peut transporter au loin les viandes, les poissons, etc., que l'on conserve les virus, les cadavres destinés aux expertises chimico-légales, ou aux travaux anatomiques. Il ne faudrait cependant pas croire que le froid, même très intense, agit en tuant les germes renfermés dans les matières putrescibles; il résulte d'expériences récentes (de Frich, en 1879) qu'un froid de —87°, produit à l'aide de l'acide carbonique solidifié, ne détruit pas les organismes de la fermentation, de la putréfaction, ni même les micrococcus et les bactéridies qui prennent naissance dans les liquides pathologiques de l'homme et des animaux. Comme la privation de l'humidité, le froid empêche la vie de se manifester; il la suspend, mais il ne la détruit pas absolument; ce sont là les deux causes principales de ce qu'on a appelé le *sommeil* ou le *silence des germes*. Ainsi, la congélation complète qui détruit sans retour toute vitalité dans les organismes compliqués, est insuffisante pour l'anéantir chez les organismes les plus élémentaires, qui opposent au froid une force de résistance vraiment extraordinaire.

Bien que la chaleur soit une des principales causes activant la décomposition des corps organiques, le *dessèchement* rapide (au soleil ou au feu), c'est-à-dire la chaleur sèche, est un moyen puissant de retarder toute fermentation et même de la rendre définitivement impossible, par suite de l'élimination complète de l'eau des tissus. C'est par la *dessiccation* que l'on conserve les herbes fourragères, les plantes et les racines médicales, certains fruits et même la viande, en la privant de l'eau nécessaire à sa fermentation. « Au Brésil, à la Plata, dit le Dr Couty (1881), la *carne secca* qui constitue l'aliment journalier des populations ouvrières, loin des grandes lignes de communication, se conserve presque indéfiniment, sans perdre de ses qualités alibiles. » La dessiccation suspend la vitalité de la graine, mais ne la détruit pas, à moins que la température n'ait été poussée trop loin. Il en est de même des virus. La *pression* jointe à la *dessiccation* est encore un moyen préservateur. Dans cette circonstance, l'air est chassé ainsi qu'une grande partie de l'humidité; ce qui explique le double rôle et l'efficacité du procédé. La *salaison* au sel marin, ou au salpêtre, agit pour conserver les substances, en absorbant l'eau qu'elles contiennent. Le sucre, le miel, la mélasse, l'alcool dont on entoure les matières à conserver, ont pour effet d'absorber l'humidité, de chasser l'air et d'empêcher l'introduction des germes flottant dans l'atmosphère ambiante.

On donne le nom d'*antiseptique* à toute substance qui empêche la décomposition d'une matière susceptible de se putréfier. La plupart des moyens que les usages domestiques ont consacrés pour empêcher la décomposition des substances alimentaires, peuvent rentrer dans la classe des antiseptiques; mais on doit attacher plus spécialement ce nom aux matières qui agissent en tuant les organismes ou en s'opposant à leur développement. De ce nombre sont les suivants:

Acide acétique.
Acétate d'alumine.
— de magnésie.
— de zinc.
Acide arsénieux.
— benzoïque et benzoate.
— borique, borate de soude.
— carbolique.
— phénique.
— picrique.
— pyrogallique.
— pyroligneux.
— sulfureux.
— sulfurique.
— salicylate de soude.
— salicylique.
— thymique ou thymol.
Alcool.
Bichromate de potasse.
Bichlorure d'étain.
Bisulfite de chaux.
Bisulfite de soude.
Café.
Chlore, brôme, iode.
Chloral.
Chloroforme.
Chlorate de potasse.
Chlorure d'aluminium.
— de sodium.
— de zinc.
Créosote.
Crisol.
Essences.
Ether azoteux.
Eucalyptus.
Goudron.
Huiles lourdes de houille.
Menthol.
Naphtaline.
Permanganate de potasse.
Persulfate de fer.
Résorcine.
Sulfate de cuivre.
Tannin.

Quant au rôle particulier que chacun de ces corps joue, comme antiseptique. (V. *Traité des désinfectants et de la désinfection*, par E. Vallin (1882), p. 115 et suivantes, et la *Chimie industrielle*, de Payen, II, p. 41.)

Il est évident d'ailleurs que ces substances

toxiques, à l'exception de quelques-unes, ne peuvent s'appliquer comme agents conservateurs qu'aux pièces anatomiques et non aux substances alimentaires. La *fumaison* ou *boucanage* rentrent dans les procédés antiseptiques inoffensifs.

En résumé, lorsque la substance organique est soustraite à l'oxydation et à la fermentation, c'est-à-dire à l'action de l'air ou de la chaleur ou de l'humidité, elle se conserve indéfiniment. Mais dès que, par une cause quelconque, la décomposition commence, elle envahit peu à peu toute la masse et l'effet final est un nouveau groupement des atomes dans le mode le plus simple, donnant naissance à des composés binaires inorganiques: acide carbonique, eau, ammoniaque. Ces produits ultimes sont ensuite saisis et élaborés par les plantes et rentrent de nouveau dans le cercle de la vie, pour retourner plus tard au règne minéral. — V. Conserves alimentaires. — C. D.

Conservation des bois. But vers lequel on tend lorsqu'on soumet les bois à certaines préparations qui s'opposent plus ou moins efficacement à leur altération et à leur destruction rapide, quand ils sont abandonnés au contact de l'air humide, à l'action des insectes, des champignons microscopiques, etc. C'est aussi l'ensemble des procédés employés pour atteindre ce but. Les bois exposés à l'air, à l'humidité et surtout aux alternatives de chaleur et d'humidité, ne tardent pas à se désorganiser et même à tomber en poussière. On en verra plus loin les causes. La question de la conservation des bois a une très grande importance au point de vue industriel. On le comprendra facilement, si l'on considère, d'une part, l'accroissement rapide de la consommation des bois dans les diverses industries, surtout dans celle des chemins de fer (qui nécessite l'importation annuelle de traverses pour une valeur de plus de 30 millions de francs), d'autre part, la rareté et conséquemment la cherté des bois par suite d'un défrichement inconsidéré des forêts; enfin, le peu de durée des bois qui n'ont subi aucune préparation conservatrice. En effet, le bois d'un arbre qui a mis près d'un siècle à croître, peut, selon les conditions, les milieux où il se trouve, être mis hors de service au bout de deux ou trois ans. On a de nombreux exemples de ces destructions rapides, surtout dans les bois de construction de la marine.

Il est donc important de chercher les moyens d'augmenter la durée des bois ouvrés, si l'on veut éviter la pénurie de cette matière indispensable. Colbert disait, il y a deux siècles: « la France périra faute de bois. » Le grand économiste était prévoyant. Mais heureusement la science a marché depuis cette époque; aujourd'hui, non seulement on connaît les causes chimiques et physiologiques de l'altération du bois, mais on a trouvé le remède au mal.

Avant de décrire les moyens employés pour la conservation des bois, il convient d'abord d'examiner les causes de leur altération plus ou moins rapide.

On a reconnu depuis longtemps que le bois se conserve indéfiniment *dans l'air sec*. On en a des exemples dans les planches des cercueils des momies égyptiennes qui remontent à 3,000 ans; elles ont été soustraites à l'action de l'air par une couche de peinture.

On a remarqué aussi qu'un bois bien sec mis en œuvre est beaucoup moins sujet à s'altérer qu'un bois humide encore imprégné de sève. Ces observations ont conduit à opérer, avant leur emploi, la dessiccation naturelle ou artificielle et rapide des bois, au moyen de l'*aérage* ou de la *ventilation*. On évite le fendillement du bois pendant la dessiccation, en l'humectant d'abord d'une manière uniforme, à l'aide de l'eau ou de la vapeur. Puis on gradue lentement la température du courant d'air à mesure que la dessiccation s'effectue. On arrive au même résultat par l'emploi de la glu marine (solution de gomme laque dans deux fois son poids d'essence de goudron de houille contenant 1 ou 2 centièmes de caoutchouc). On atteint plus économiquement le même but au moyen d'une peinture composée de 12 d'ocre, 12 de sulfate de plomb, 35 d'huile lourde, provenant de la distillation du goudron, dans laquelle on a fait dissoudre 35 de résine ou de brai (résidu de la même distillation).

Sous l'eau, à une certaine profondeur, le bois se conserve encore indéfiniment, comme le prouve la durée des pilotis. Seulement, le bois de chêne noircit au point de ressembler à l'ébène par la couleur et la dureté. Cette coloration est due à la formation du tannate de fer et de l'acide ulmique. Si le bois est exposé à la fois à l'action de l'air et de l'eau, il perd sa cohérence, se convertit en une masse d'un brun-noir ou jaunâtre, friable, phosphorescente à l'état humide et qu'on appelle *bois pourri*, *humus*, *terreau*, *ulmine*, *acide ulmique*. Ce changement est une véritable *combustion lente*. Dans cette circonstance, l'oxygène de l'air s'unit à l'hydrogène du bois pour former de l'eau et au carbone pour produire de l'acide carbonique, gaz qui se dégagent, tandis qu'une autre partie de l'oxygène de l'air s'unit à une autre portion de carbone pour faire de l'acide ulmique aux dépens de la cellulose et de la matière incrustante du bois. La cause déterminante de cette décomposition est la présence de la matière azotée du bois (matière albuminoïde ou gélatineuse) amenée par la sève dans les fibres du bois avec les autres principes immédiats qu'elle tient en dissolution. Bien qu'en très petite proportion, cette matière est un véritable ferment qui, en se développant dans la masse du bois, désagrège les tissus, transforme en acide carbonique, alcool, acide acétique, acide lactique, terreux, les substances sucrées et leurs congénères, ce qui, finalement, détermine la putréfaction de la matière azotée elle-même et, par suite, celle du bois. Les praticiens ont remarqué que les bois abattus pendant les époques où la sève est en mouvement étaient bien plus sujets que les autres à la pourriture sèche, par suite d'un apport plus considérable de matières albuminoïdes par la sève.

C'est encore la matière azotée qui porte les insectes à envahir les bois, car elle sert de nourri-

ture à diverses espèces (les scolytes, cossus, saperdes, le peritelus, notamment les termites) et certains petits mollusques, les tarets, qui s'attaquent aux arbres, aux bois abattus, aux bois des navires dans les bassins de construction, et causent des dégâts énormes. On pourrait citer plusieurs exemples de grands vaisseaux détruits de cette manière avant d'avoir pu servir, ou qui ont exigé, au bout de deux ans de construction, des réparations de plus d'un million. On sait qu'à Rochefort et à la Rochelle les termites lucifuges, importés d'Amérique méridionale, ont réduit en poudre des bois de charpente soutenant les édifices. Enfin, la même cause amène encore l'envahissement des bois par les petits champignons, les moisissures et divers végétaux microscopiques auxquels la matière azotée sert d'engrais. Ces cryptogames pénètrent souvent à une très grande profondeur dans l'intérieur du bois et y déterminent ce qu'on nomme la *pourriture sèche*, non moins désastreuse que les termites et les tarets.

On voit donc que la cause principale de la détérioration des bois tient à la présence et à l'altérabilité de la matière azotée qu'ils contiennent en proportions variables suivant leur essence. On peut déjà conclure de là que pour conserver les bois il faut avoir recours aux substances qu'on emploie efficacement pour conserver les matières animales. Les bois durs, le robinier, le chêne, les bois résineux, le pin, le sapin, etc., peuvent se conserver longtemps à l'air et même à l'humidité; mais les bois légers, à tissu lâche, ne résistent pas à ces causes d'altération; il est donc nécessaire, pour les conserver, de les soumettre à des préparations antiseptiques.

Les *procédés de conservation des bois* sont nombreux. On peut toutefois les rattacher aux trois groupes suivants :

1° Procédés par *application superficielle* des agents antiseptiques, (par peinture, immersion, carbonisation), applicables à tous les bois;

2° Procédés *par pression en vase clos*, applicables aux bois secs, *par pression à l'air libre*, applicables aux bois en grume;

3° Procédés *par infiltration naturelle*, ou *par déplacement*, applicables aux bois sur pied ou récemment abattus.

Pour la description de ces procédés, nous suivrons, en général, l'ordre chronologique, sans cependant nous y astreindre absolument, lorsqu'il s'agira de modes d'expérimentation analogues, se rattachant au même sujet et ne pouvant que gagner à être rapprochés les uns des autres.

1° Application superficielle des agents antiseptiques. Après avoir remarqué que les arbres résineux se conservaient plus longtemps que les autres dans les mêmes conditions défavorables, on fut conduit ainsi à enduire les bois de matières résineuses, goudronneuses, grasses (huile de lin siccative) mêlées à diverses matières colorantes; procédé employé à l'égard des bois de charpente qui doivent rester exposés à l'air, à la pluie. Mais ces enduits, ces peintures, dont le but était surtout de préserver les bois du contact de l'air et de l'humidité, ne restaient pas longtemps efficaces. Ce n'est que plus tard qu'on eut l'idée de se servir de dissolutions métalliques, telles que le sublimé corrosif (bichlorure de mercure), le pyrolignite de fer, le sulfate de cuivre, véritables agents antiseptiques, dissolutions dans lesquelles on plongeait les pièces de bois; on les y laissait séjourner un temps plus ou moins long, suivant leur essence, en moyenne quatre ou cinq heures.

Ce *procédé d'immersion, d'imbibition*, imaginé par le grand chimiste H. Davy, au commencement de ce siècle, fut exploité en 1836 par Kyan qui se servait d'une dissolution aqueuse de sublimé corrosif au titre de 2 0/0. Depuis, on fit usage d'autres substances toxiques: acide arsénieux, chlorure de zinc, et de divers sels métalliques tels que les sulfates de fer et de cuivre, le sulfate et le chlorure de manganèse, le sel marin, le pyrolignite de fer. Mais on ne tarda pas à reconnaître, par l'usage, que les dissolutions employées ainsi, ne préservaient les bois que pour un temps assez court; par la raison qu'elles ne pénétraient qu'à une très minime profondeur (1 à 3 millimètres) dans le bois; et que, sous l'influence de l'humidité, les matières superficielles se dissolvaient peu à peu, ou disparaissaient en certains points, par les fissures, les frottements, les chocs, laissaient rentrer l'air humide par ces éraillures et restaient inefficaces devant les causes de destruction que nous avons signalées plus haut.

On obtiendrait un meilleur résultat, en plongeant verticalement et partiellement le bois dans le bain liquide, afin de donner le temps aux gaz intérieurs de s'échapper par la partie supérieure et libre du bois. Après avoir constaté l'insuffisance du procédé par immersion à froid, on eut recours à la chaleur. Dans un bain de sulfate de cuivre, au titre de 1 1/2 0/0 et à la température de 70°, on plongeait durant quelques heures, les pièces de bois débitées, traverses des chemins de fer, échalas pour les vignes, cercles pour les tonneaux, etc.; et l'on obtint des effets plus durables. Toutefois, le procédé (Chauviteau et Knal), assez efficace pour le chêne, dont il prolongeait sensiblement la durée, était tout à fait insuffisant pour la conservation du sapin, du pin, et en général, des bois d'essences légères, renfermant beaucoup d'aubier. L'enveloppe imputrescible était encore très mince et ne résistait pas toujours aux frottements, aux chocs, au clouage. Et d'ailleurs, les germes restaient enfermés dans l'intérieur du bois et s'y développaient grâce à l'introduction de l'air par les solutions de continuité de la couche protectrice superficielle.

M. Hossard a indiqué un moyen simple d'imbibition *par refroidissement*. Il consiste à chauffer d'abord la pièce de bois pour en expulser une grande partie de l'air qui s'y trouve et à la plonger immédiatement dans le liquide antiseptique. Le refroidissement faisant un vide partiel détermine l'ascension du liquide dans les pores du bois.

Un autre procédé *par immersion* ou *imbibition* a donné de meilleurs résultats: le baron Champy, l'un des premiers, est parvenu à conserver des pièces de bois, en les *trempant*, encore humides, dans du suif porté à la température de 200°. Pen-

dant cette immersion, l'eau se réduit en vapeur, chasse l'air et les gaz renfermés dans le tissu végétal. La condensation qui s'effectue ensuite, par le refroidissement, opère un vide, et la pression atmosphérique fait monter la matière grasse dans les pores du bois. Les pièces ainsi injectées se conservent parfaitement. On peut opérer de la même manière avec les liquides dont le point d'ébullition est plus élevé que celui de l'eau, comme les huiles, les résines, les goudrons, agents efficaces de conservation des bois légers: M. Payen a pu, de cette manière, en augmenter le poids de 50 à 60 0/0, et les douer d'une imputrescibilité qui permettait de les employer dans les constructions où règne une humidité habituelle, où les bois durs eux-mêmes ne résistent pas, ainsi que dans les fabriques de produits chimiques où les vapeurs acides attaquent les bois plus rapidement que l'humidité seule. Dans tous les cas, ce n'est qu'avec le bois sec que les procédés par imbibition peuvent donner des résultats satisfaisants; car, avec les bois chargés encore de sucs végétaux, l'imprégnation est presque nulle et la préservation illusoire.

Aux procédés de conservation des bois par application superficielle de la matière conservatrice, se rattache celui de la *carbonisation*, moyen connu depuis longtemps, il est vrai, mais usité seulement pour les pièces de petites dimensions; échalas, pieux enfoncés en terre. Aujourd'hui, la carbonisation superficielle des bois se pratique en grand, est très expéditive et d'une efficacité durable.

Le premier procédé de *carbonisation*, mis en usage industriellement, fut celui de M. de Lapparent, directeur des constructions navales. Il consiste dans l'emploi d'un jet de flamme lancé par un courant d'air comprimé sur le bois à carboniser superficiellement. Le gaz combustible peut être celui de l'éclairage, l'oxyde de carbone, l'hydrogène ou tout autre, susceptible de donner en brûlant un grand dégagement de chaleur. L'appareil est d'ailleurs fort simple: deux tuyaux en caoutchouc partant l'un du réservoir de gaz d'éclairage, l'autre d'une soufflerie à pédale, amènent dans le même tuyau de cuivre (la *lance*) à la fois le gaz combustible et l'air comprimé. Le mélange enflammé donne un jet capable de souder les métaux. Quand les pièces sont petites on les promène devant la flamme; dans le cas contraire, c'est la lance qui porte la flamme successivement sur toutes les parties de la surface à carboniser. On lèche la superficie du bois comme avec une langue de feu. On détermine à la surface une chaleur considérable qui a pour premier effet de chasser l'eau contenue dans les couches superficielles et de faire passer à l'état sec les parties fermentescibles; en second lieu, au-dessous de la couche externe complètement carbonisée dans l'épaisseur de $0^{mm},3$ à $0^{mm},4$ se trouve une surface torréfiée, c'est-à-dire presque distillée et imprégnée du produit de cette distillation qui sont des matières créosotées empyreumatiques. Ce procédé de flambage a l'avantage de s'appliquer aux bois ouvrés, de menuiserie, de charpente; car la carbonisation est tellement superficielle que les surfaces n'en sont pas altérées et que les angles n'en sont pas émoussés. Il est précieux surtout pour les bois durs qui ne peuvent s'imprégner des liquides antiseptiques. Ce procédé fut immédiatement adopté par la marine. Dans tous nos arsenaux on carbonise les navires en chantier, à mesure que les différentes parties de la coque sont mises en place. Malheureusement, ce procédé est coûteux, et d'ailleurs d'une application difficile dans les localités où l'on n'a pas le gaz d'éclairage à sa disposition. Pour le rendre pratique, M. de Lapparent fils a imaginé la lampe portative dite *lampe-chalumeau*, dont le combustible est, soit l'huile lourde de goudron, soit l'huile de pétrole, soit un mélange de ces liquides à parties égales. Une grosse mèche cylindrique placée horizontalement sur le côté du réservoir fait monter le liquide par capillarité. Au milieu de cette mèche arrive le chalumeau qui communique avec la soufflerie à pédale. Une cheminée métallique, percée de trous à la base, complète l'appareil, qui donne une flamme aussi intense que celle du jet de gaz et beaucoup plus économique. Ce procédé trouve une application avantageuse dans une foule d'industries; par exemple, dans les constructions rurales, pour les poutres, solives et charpentes des écuries, des étables, des buanderies, etc., qui sont exposées à une atmosphère chaude et humide que la respiration et l'exhalaison des animaux imprègnent de corpuscules organiques, causes premières des fermentations. Le même procédé est encore éminemment propre à la conservation des clôtures, barrages, treillages, claies de parc et surtout des échalas et des perches de houblonnières.

M. Hugon, modifiant ingénieusement la méthode de carbonisation, en a fait un procédé tout à fait économique et applicable sur une grande échelle. L'appareil consiste en une forge mobile, au moyen de laquelle on réalise avec la houille humide et à l'aide d'une forte soufflerie à double effet, une longue flamme horizontale que l'on dirige sur toute la surface du bois. Cette forge peut recevoir un double mouvement de bas en haut et horizontal, à l'aide d'un levier à contrepoids qui permet d'obtenir sans efforts ces déplacements. Par une ouverture inférieure on peut enlever les résidus de la combustion et par une autre, supérieure, munie d'un couvercle, on opère le chargement. L'air de la soufflerie arrive par la partie inférieure, entraîne avec lui un peu d'eau qu'un tube déverse goutte à goutte sur son passage, et lorsqu'il traverse la couche épaisse de charbon, il y a production d'oxyde de carbone et d'hydrogène qui brûlent en donnant une flamme longue et chaude qui sort à la partie supérieure de la forge par un large tube recourbé horizontalement. Derrière la pièce de bois que l'on fait mouvoir sur des rouleaux, en même temps que l'on gouverne les mouvements de la forge, se trouve une sorte de réflecteur métallique qui renvoie au besoin la flamme contre la partie postérieure de la pièce de bois. Un tube en caoutchouc unit le tuyau de la soufflerie à celui de la forge et se trouve

maintenu à une température convenable par une couche d'eau qui l'entoure. Ce procédé s'applique aux bois de toutes dimensions. Il permet de carboniser 80 à 90 traverses de chemins de fer par jour.

2° Procédés par pression, en vase clos. Devant l'inefficacité des procédés par peinture, immersion, imbibition superficielle, on chercha des moyens de faire pénétrer profondément, dans toute la masse du bois, les liquides antiseptiques. Mais le problème présentait des difficultés. C'est M. Bréant qui, en 1831, eut le premier l'idée d'un procédé par pression, en vase clos, pouvant atteindre ce but. Il construisit une machine ingénieuse pour faire pénétrer des dissolutions métalliques, des liquides huileux, résineux, dans tous les conduits capillaires et jusqu'au centre des pièces de bois. L'appareil se composait d'un cylindre en fonte, vertical, à parois très résistantes (fig. 456), dans lequel on introduisait la pièce équarrie et la dissolution à injecter. A l'aide d'une pompe foulante, on produisait dans l'intérieur du cylindre parfaitement étanche une pression de 7 à 10 atmosphères, sous laquelle la pénétration profonde était réalisée.

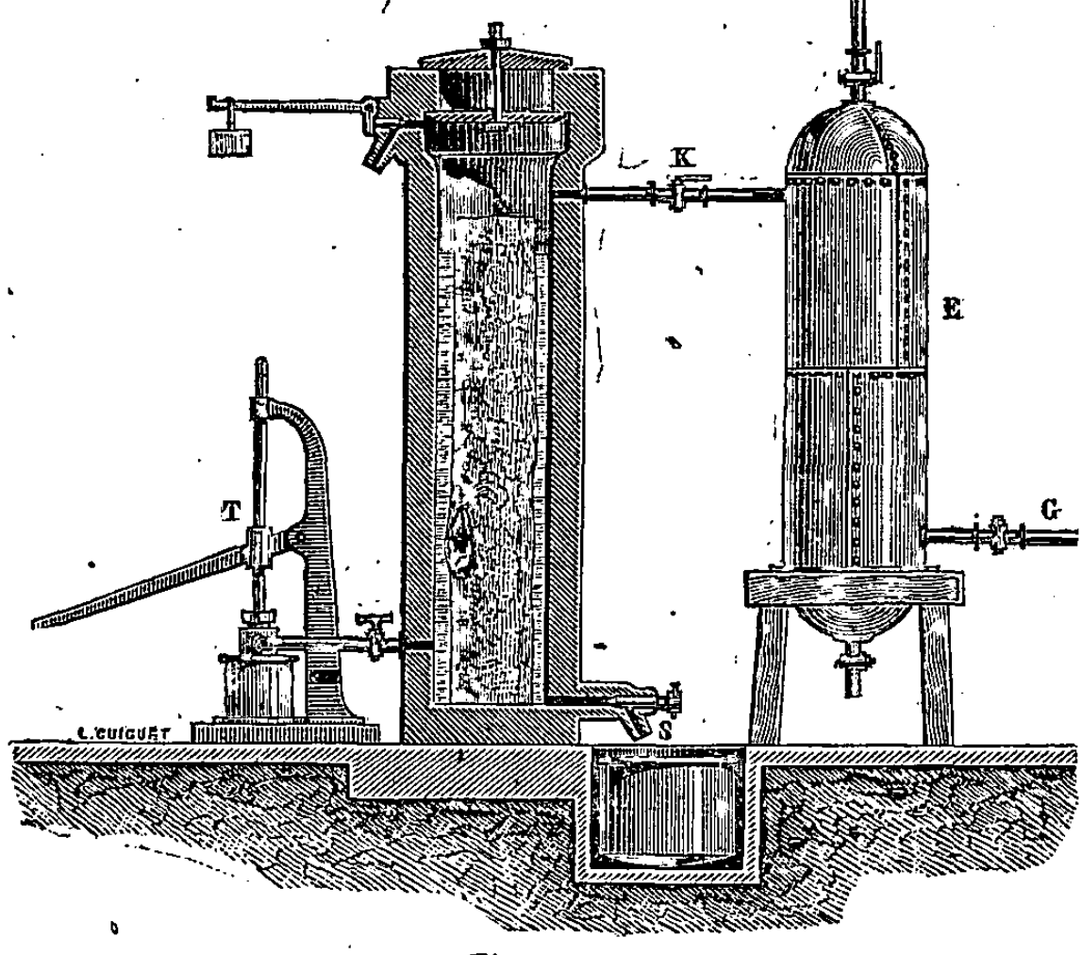


Fig. 456.

J Cylindre en fonte où l'on introduit la pièce de bois et le liquide. — *T* Pompe foulante. — *E* Condenseur. — *G* Tube qui amène la vapeur, puis l'eau froide. — *S* Orifice de sortie du liquide. — *K* Robinet de communication.

M. Bréant obtint encore de meilleurs résultats en faisant d'abord le vide, au moyen de la vapeur, dans le cylindre à injection. Les gaz renfermés dans le bois étaient ainsi enlevés et faisaient place au liquide antiseptique qui pouvait alors pénétrer à peu près complètement la pièce de bois, sous l'action énergique de la pompe foulante. Cette pression de 10 atmosphères était maintenue pendant un temps variable suivant la nature du bois, cinq ou six heures, en moyenne. Par ce procédé, le pin, le hêtre, le peuplier, le sapin, sont injectés presque dans toute leur épaisseur; il en est encore de même de l'aubier, du chêne; mais le liquide ne pénètre pas dans le cœur; ce qui, toutefois, n'est pas un grave inconvénient, celui-ci étant peu attaquable par les causes de destruction signalées précédemment.

Le tableau suivant donnera une idée de la différence des effets de pénétration du sulfate de cuivre, suivant l'essence des bois.

Nature du bois	Poids du mètre cube de bois	Liquide absorbé par mètre cube	Poids du sulfate fixé
	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Hêtre	747	430	8.6
Pin maritime . . .	589	461	9.2
Orme	737	610	12.2
Peuplier.	589	690	12.4

En Angleterre, M. Bethel prit, vers 1838, une patente pour un nouveau procédé d'imprégnation, qui n'est en réalité qu'une modification de celui de Bréant. Le liquide adopté était la *créosote brute*, employée à raison de 105 kilogrammes par mètre cube pour le bois blanc, de 50 kilogrammes pour le chêne, de 146 kilogrammes pour les bois destinés aux travaux maritimes.

Au lieu d'employer la pression, Mohl avait recours à la raréfaction, à un vide partiel qu'il réalisait de la manière suivante, dans une chambre close, où le bois était placé : il faisait d'abord arriver de la vapeur d'eau qui raréfiait l'air, forçait les gaz contenus dans le bois à s'échapper; il introduisait ensuite de la vapeur de créosote qui pénétrait dans le bois, s'y condensait et le préservait de la pourriture et des insectes.

Le procédé de M. Payne, autre modification de celui de Bréant, exige l'emploi d'appareils dispendieux; ce sont des cylindres en tôle de fer très résistants d'où l'on chasse l'air par un courant de vapeur d'eau qui se condense par refroidissement. Le vide étant ainsi fait, le liquide conservateur est introduit, puis comprimé, à l'aide d'une pompe foulante, jusqu'à la pression de 10 atmosphères. Au bout de six à douze heures, suivant la nature des essences, le bois est pénétré jusqu'au cœur.

C'est par un procédé analogue à celui de Payne que M. Chemallé rend très durables les pièces de bois qu'il importe le plus de conserver; tels que les chevilles des charpentes, les coins des railsways, en soumettant d'abord les objets à des injections successives de vapeur, de résine liquéfiée à chaud dans l'huile ou le goudron, puis en les comprimant dans des moules en fonte, espèces de

filières de diamètres successivement plus petits, de façon à réduire le volume des objets de 1/5.

MM. Legé et Fleury-Pironnet, entrepreneurs au Mans, se basant sur les mêmes principes que Bréant, ont fait construire un appareil qui diffère peu de celui de Béthel dans ses dispositions principales, mais qui permet d'employer le sulfate de cuivre aussi neutre que possible ; pour cela, ils ne se servent que d'objets en cuivre (chaudière, chariots, chaînes, rails, tout est en cuivre), au lieu de fer, qui aurait, dans ce cas, décomposé partiellement le sulfate de cuivre et introduit des quantités plus ou moins grandes de sulfate de fer dont les inconvénients ont été constatés. En effet, ce sel réagit ici, en se peroxydant, sur les fibres ligneuses et les désagrège. Les cuves contenant la dissolution sont en bois. Ce procédé permet de préparer non seulement les bois verts et en grume, mais toutes les autres sortes de bois débités, à quelque époque de l'année que ce soit, et quel que soit aussi le temps écoulé entre leur abattage et leur mise en préparation. L'appareil consiste essentiellement en une chaudière cylindrique horizontale, de 12 mètres de longueur sur 1m,60 de diamètre et 0m,01 d'épaisseur ; l'un des fonds bombés est mobile autour d'une charnière, donne passage aux pièces à introduire et se ferme ensuite solidement.

Les traverses sont introduites par des petits chariots roulant sur des rails intérieurs ; elles sont taillées d'avance, en sorte qu'on évite l'obstacle notable qu'oppose au travail la dureté acquise par les bois injectés de sulfate de cuivre et en partie desséchés ; on épargne en outre le sel qui eut été introduit en pure perte dans les portions à retrancher. Pour assurer la conservation sans expulser la sève, on emploie une solution de 2 de sulfate pour 100 d'eau ; et afin que la pénétration se fasse mieux, on chauffe à 45° la dissolution. L'opération s'effectue à l'aide d'une locomobile de la force de dix à douze chevaux, servant de générateur pour la vapeur qu'on doit injecter dans le cylindre, et de moteur pour manœuvrer des pompes à air et à injection. La chaudière de la locomobile est d'abord mise en communication avec le cylindre préparateur, de manière à le faire traverser dans toute sa longueur par un courant de vapeur, auquel on donne issue dans l'air en ouvrant un robinet placé à la partie inférieure de l'appareil.

Cette opération préparatoire, qui dure 15 minutes environ, a pour but d'échauffer sensiblement les pièces de bois pour dilater et faire sortir une partie des gaz et des liquides du tissu ligneux. Dès que la vapeur sort sans entraîner de matières étrangères, on ferme les robinets et l'on met le cylindre en communication avec un condenseur dans lequel on fait arriver un courant d'eau froide, qu'on évacue avec une des pompes à air placées sur la locomobile ; on interrompt la circulation d'eau, puis on fait le vide, et on le maintient un quart d'heure environ à la pression de 0m,09 à 0m,10 de mercure. C'est alors seulement qu'on ouvre le robinet de la conduite qui fait communiquer le cylindre avec la dissolution de sulfate de cuivre, qui s'introduit naturellement dans le cylindre, dont on complète le remplissage par une pompe foulante que l'on fait agir jusqu'à ce que la pression s'élève et se maintienne à 10 atmosphère. Cette partie de l'opération dure une demi-heure environ, après quoi il ne reste plus qu'à ouvrir le cylindre pour retirer les chariots. L'opération totale ne dure que deux heures.

3° Procédé par infiltration ou par déplacement de la sève. Pendant que le procédé coûteux de Béthel se pratiquait en Angleterre, le docteur Boucherie, en France, entreprenait, de 1832 à 1837, des expériences curieuses pour résoudre économiquement la question de conservation des bois. Son procédé repose sur ce fait que la sève en s'élevant dans les arbres par la force d'aspiration vitale, peut entraîner avec elle, jusqu'au sommet de l'arbre, les divers liquides qu'on met en rapport avec elle ; ou plutôt cette force ascensionnelle s'applique non seulement à la sève, mais à

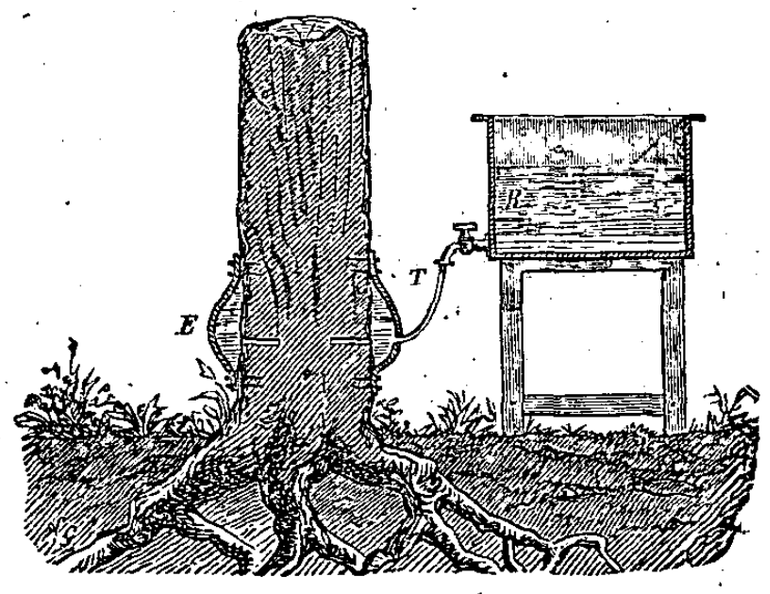


Fig. 457. — *Pénétration du bois par la succion vitale.*

E Bande de plomb ou de toile imperméable formant poche. — *R* Réservoir contenant le liquide conservateur. — *T* Tuyau de communication du réservoir et de la poche.

tous les liquides un peu fluides qu'on lui substitue. L'arbre aspire ainsi le poison, comme il aspire l'aliment nutritif. L'opération peut se pratiquer sur l'arbre debout et vivant, ou sur l'arbre récemment abattu. Dans le premier cas, on pratique à sa base un ou deux traits de scie (fig. 457), ou plusieurs trous, assez profonds. On fait tout autour de la base du tronc une sorte de cuvette en terre glaise ; ou bien on enveloppe le pied d'une bande de toile enduite de caoutchouc, communiquant par un tube à un petit tonneau voisin, contenant le liquide à infiltrer. Celui-ci ne tarde pas à monter dans l'arbre et peut atteindre le sommet en un ou plusieurs jours, selon la nature de l'arbre, c'est-à-dire suivant le diamètre des vaisseaux capillaires qui règnent dans toute sa longueur. Ordinairement, on abat les branches latérales et l'on ne laisse qu'un bouquet de branches au sommet ; ce qui suffit pour déterminer l'ascension naturelle du liquide préservateur. La seule condition indispensable au succès de l'expérience, c'est que la dissolution employée ne soit pas trop concentrée, sans quoi elle pourrait cristalliser en route et obstruer les pores.

Dans le second cas, quand l'arbre est récemment

abattu, ce qui est plus commode, on lui donne une position à peu près horizontale, on fixe au tronc un sac de cuir en tissu imperméable, en mettant entre ses bords et le bois, une couche de terre glaise que l'on comprime par la ligature du sac. Celui-ci est mis en communication, par un tube, à un tonneau contenant le liquide préservateur.

Ce procédé d'injection n'a pu être appliqué dans l'industrie non seulement parce que la main-d'œuvre en est assez dispendieuse, mais surtout parce que la pénétration du bois n'est pas régulière et complète. En 1841, M. Boucherie remplaça son procédé d'infiltration par celui du *déplacement* et de l'expulsion de la sève, au moyen de la *filtration* et de la *pression* du liquide à injecter; procédé tout à fait pratique qui a donné lieu à des exploitations industrielles considérables, et qui est utilisé pour la préparation des traverses de chemin de fer et des poteaux télégraphiques. Voici comment on opère. On prend une pièce de bois ou *bille* ayant deux fois la longeur d'une traverse de chemin de fer; on donne au milieu un trait de scie qui pénètre jusqu'à 3 ou 4 centimètres du côté opposé. En soulevant la pièce par le milieu, en dessous de la portion ménagée, on fait ouvrir la fente, dont on garnit les bords avec une corde en étoupe goudronnée; puis, ôtant la cale de dessous, le poids de la pièce fait serrer fortement la corde dans la fente. Il suffit alors de percer un trou de tarière allant du dessus de la pièce à l'espace vide qui existe entre les deux parties, d'y insérer le bout d'un tube et de faire arriver le liquide préservateur, préalablement filtré et contenu dans un grand bassin placé à 10 ou 15 mètres de hauteur. Sous cette pression, il pénètre en sens inverse dans les deux moitiés de la pièce de bois, chasse devant lui la sève qui s'écoule, par une rigole, dans des bassins placés sous le sol, où il filtre à travers une couche de sable ou de charbon en grains. On continue l'opération jusqu'à ce la dissolution introduite s'écoule à peu près pure. Les cuves sont entretenues pleines de sulfate de cuivre à 0,01 ou contenant 1 kilogramme de ce sel pour 100 de liquide. Des pompes en bois servent à remonter le liquide des bassins inférieurs dans les vases supérieurs vides.

Dans un atelier de 50 mètres de longueur, on peut injecter 50 traverses doubles en 48 heures; la quantité de sulfate de cuivre ainsi engagé dans les tissus ligneux équivaut à 5 ou 6 kilogrammes de ce sel cristallisé, par mètre cube, ou à 500 grammes à 600 grammes par traverse. Pour injecter par un bout les traverses simples, on emploie le moyen suivant: les pièces de bois reçoivent d'abord à chaque extrémité un coup de scie pour en rafraîchir les surfaces; puis elles sont étendues parallèlement sous une légère inclinaison. Sur le pourtour de la section du gros bout qui sera la surface de pénètration, on place une corde sèche d'étoupe de chanvre contre laquelle on applique un plateau en bois dur, en cœur de chêne et on l'y maintient fortement serré à l'aide de crochets de fer. Dans l'espace vide, de quelques millimètres, ainsi ménagé, on fait arriver le liquide préservateur par une ouverture qui traverse le plateau, et dans laquelle on engage de force l'extrémité d'un ajutage en bois dur ou *robignole* qui transmet le liquide venant du réservoir supérieur. Ouvrant alors le robinet de ce réservoir, la pression exercée par le liquide préservateur s'écoulant d'une hauteur de 10 à 12 mètres, force bientôt l'eau de végétation et les principes azotés qu'elle contient, à sortir par l'extrémité libre de la pièce de bois, où la dissolution métallique remplace peu à peu cette eau intérieure. L'opération est terminée quand il ne sort plus du bois que la solution saline à la place de la sève.

Le procédé précédent s'applique aux pièces de longueur quelconque que l'on veut injecter par un bout. La durée du passage de la solution au travers des différentes pièces de bois, varie en raison de la texture plus ou moins serrée du tissu ligneux, des diverses essences, des proportions de la sève restante, de la longueur et du diamètre des billes ou tiges des arbres. En moyenne, on laisse continuer la filtration pendant 36 à 48 heures, suivant la vitesse d'écoulement et jusqu'à ce que le volume filtré représente environ trois fois celui de la sève expulsée, ou mieux encore jusqu'à ce que le mélange contienne, pour 100 litres, au moins 666 grammes de sulfate, c'est-à-dire les 2/3 de la quantité que contenait la dissolution en arrivant du réservoir supérieur.

« Quant aux prix coûtant de l'injection, en calculant par mètre cube 6 kilogrammes de sulfate de cuivre valant au plus 6 francs et pour les frais de main-d'œuvre, transports, intérêts, etc., 10 francs; il en résulte que le mètre cube ou le stère reviendrait à 16 francs ou 1 fr. 50 pour une traverse, ce qui représente la différence de prix entre le bois de chêne et le bois de hêtre ». De plus la durée du bois sulfaté est doublée.

Le sulfate de cuivre conserve le bois en se fixant sur la cellulose, la matière ligneuse et les diverses substances azotées; à tel point qu'il résiste au lavage. Sa propriété toxique est suffisante pour empêcher les insectes d'attaquer les tissus ligneux. D'ailleurs, en déplaçant la sève, sa solution expulse une grande partie des substances les plus altérables qui se précipitent dans ces liquides par le repos ou se séparent sur le filtre.

Pour toutes les essences, l'injection est d'autant plus facile, plus prompte et plus complète, que les arbres ont été plus récemment abattus et que la pression à laquelle on les soumet est plus considérable.

Une précaution importante qu'il ne faut pas négliger dans tout procédé de pénétration par le sulfate de cuivre, c'est que la solution de ce sel soit aussi neutre que possible et qu'elle ne retienne pas de quantités notables de sulfate de fer, dont les graves inconvénients ont été signalés plus haut. On reconnaît la pureté du sulfate de cuivre à sa neutralité, à sa propriété de donner par l'ammoniaque un précipité brun-marron qui se redissout complètement dans un excès de réactif en développant une couleur bleue-violette intense (sulfate de cuivre ammoniacal). Aussi, pour conserver la solution de sulfate de cuivre exempte de sulfate de fer et en même temps pour éviter que les us-

tensiles ne soient attaqués, doit-on prendre ceux-ci en bois, en caoutchouc, en cuivre. C'est pour éviter les inconvénients résultant de l'acidité du sulfate de cuivre, que M. Rottier a proposé l'emploi du sulfate de cuivre *ammoniacal*.

Les arbres le plus généralement employés, dans ce procédé, en raison de leur valeur moindre et de leur complète pénétration, sont surtout le hêtre, le charme, le bouleau, le peuplier, le platane, l'orme, les pins maritimes et sylvestres, destinés à former des traverses charpentes, des changements de voie, des poteaux télégraphiques, etc.

M. Boucherie avait cru, d'après ses premières expériences sur le pyrolignite de fer, que ce sel était le préservateur par excellence, parce qu'à l'état brut, il est toujours chargé de goudron et de créosote, substances éminemment conservatrices des matières organiques. Mais la pratique n'ayant pas justifié ce choix, par les raisons qui ont été données plus haut, relativement aux inconvénients graves de la présence du fer dans le tissu ligneux, c'est le *sulfate de cuivre* qui est reconnu aujourd'hui comme le sel le plus avantageux. C'est à peu près la seule substance conservatrice qu'on emploie maintenant en France, surtout pour les traverses de chemin de fer et les poteaux télégraphiques.

A l'exposition universelle de 1855, on a vu des

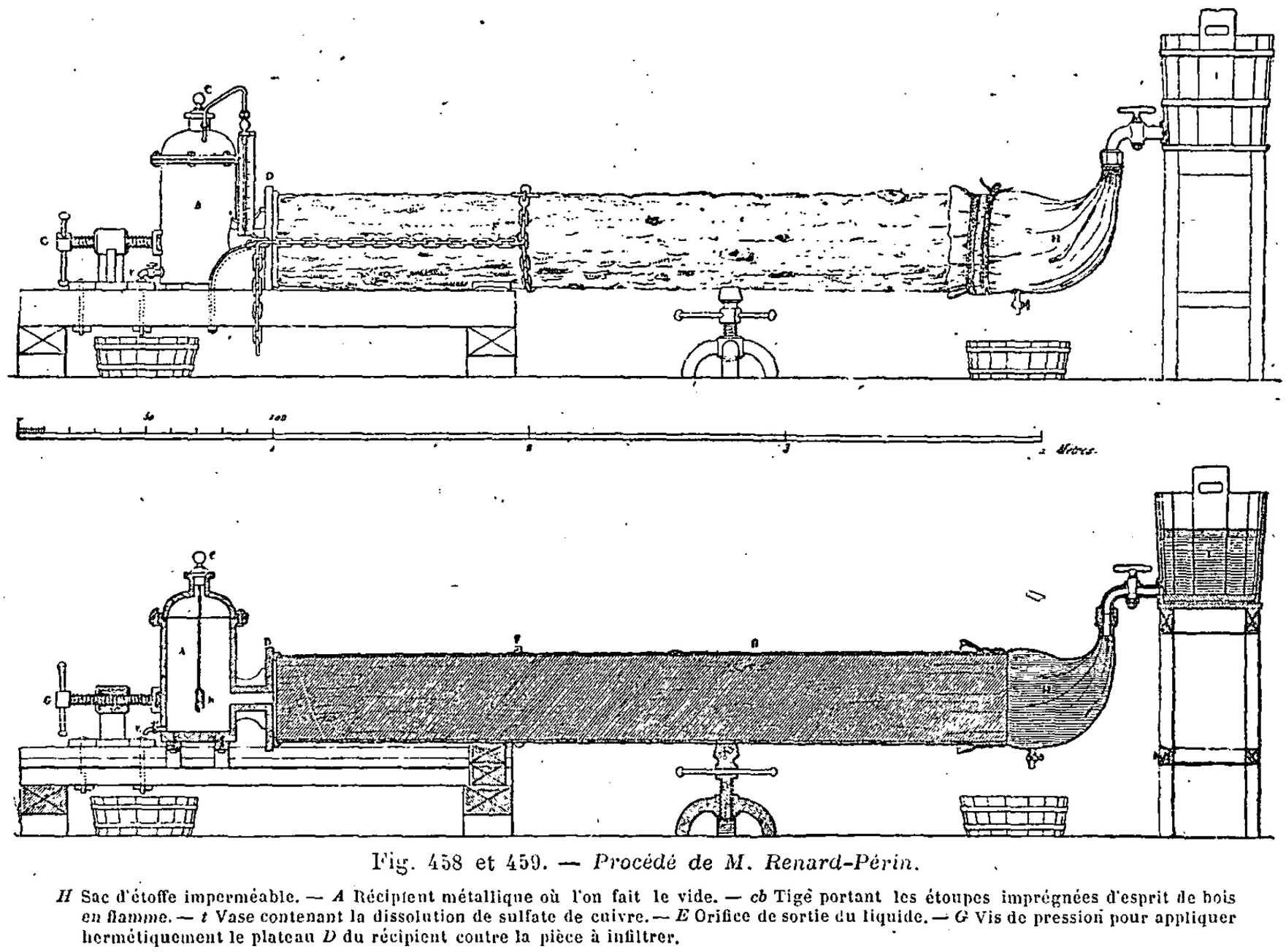


Fig. 458 et 459. — *Procédé de M. Renard-Périn.*

H Sac d'étoffe imperméable. — *A* Récipient métallique où l'on fait le vide. — *cb* Tigé portant les étoupes imprégnées d'esprit de bois *en flamme*. — *t* Vase contenant la dissolution de sulfate de cuivre. — *E* Orifice de sortie du liquide. — *G* Vis de pression pour appliquer hermétiquement le plateau *D* du récipient contre la pièce à infiltrer.

traverses de chemin de fer avec leurs coussinets, qui, après 8 ans de service, étaient aussi saines que si elles n'avaient pas été mises en terre ; elles étaient en chêne, en hêtre, en aulne, en bouleau, en pin.

Injecteur pneumatique de M. Renard-Périn. C'est à la pression atmosphérique que l'inventeur s'adresse pour obtenir l'imprégnation des bois de diverses essences, quelle que soit la saison dans laquelle a eu lieu l'abattage. La pièce de bois est sciée nettement aux deux bouts et perpendiculairement à son axe. L'une de ces extrémités est coiffée d'un sac d'étoffe imperméable, dans lequel on verse la dissolution (fig. 458 et 459). On engage l'autre extrémité dans un récipient métallique où l'on fait le vide en y développant une grande flamme, produite par des étoupes imprégnées d'esprit de bois (alcool méthylique), et en exécutant aussitôt l'occlusion complète. C'est en réalité une grande ventouse qu'on applique sur le bois debout ou horizontal. L'aspiration fait sortir des interstices capillaires les liquides naturels qu'ils renferment. Ceux-ci s'écoulent dans le récipient et sont remplacés par la dissolution sur laquelle s'exerce la pression atmosphérique. Si une première opération est jugée insuffisante, on en fait une seconde et même une troisième. On peut non seulement remplacer ainsi les sucs naturels par des dissolutions antiseptiques, mais on peut faire succéder plusieurs dissolutions les unes aux autres, ce qui permet de décolorer le bois, d'introduire des mordants et finalement des liquides colorés pour lui donner des veinages, des teintes diverses. — V. Coloration des bois.

En définitive, les meilleurs procédés de conservation des bois sont ceux qui consistent à dépla-

cer préalablement la sève, par le vide ou par la vapeur, et à introduire dans le tissu ligneux *du sulfate de cuivre aussi neutre que possible, exempt de fer* (ou ammoniacal), par infiltration à l'air libre, ou mieux par pression en vase clos, sous l'action de pompes foulantes, comprimant le liquide jusqu'à 10 atmosphères et l'y maintenant pendant plusieurs heures. De cette façon le liquide antiseptique pénètre jusqu'au cœur des pièces équarries ou en grume.

Indépendamment de la *durée*, on peut, par les mêmes moyens, communiquer aux bois diverses propriétés. Ainsi on leur donne de *l'élasticité*, de la souplesse, de la flexibilité, en introduisant dans leurs tissus des sels déliquescents (chlorure de zinc, de calcium, de sodium) ou des eaux-mères des marais salants ; on les rend presque *ininflammables* par l'emploi de l'alun, du phosphate d'ammoniaque et des chlorures terreux ; on leur donne de la *dureté* par le moyen du pyrolignite de fer ; on s'oppose au *retrait*, au *travail*, à la *torsion*, au *gauchage*, au *voilage* du bois, par l'infiltration des sels déliquescents.

Principaux agents réputés conservateurs des bois.

Sulfate de cuivre.	Pyrolignite de fer.
— de fer.	Azotate de potasse.
— de zinc.	Chaux vive.
— d'alumine.	Acide sulfurique étendu.
— de magnésie.	Créosote.
— de chaux.	Eupion.
— de baryte.	Essences.
— de soude.	Tannin.
Alun.	Goudron (de houille, de bois).
Carbonate de potasse.	Résines.
— de soude.	Huiles siccatives (de lin).
— de baryte.	Suif à 200°.
Sulfure de baryum.	Cire et suif.
Chlorure de sodium (sel marin).	Colle animale, etc.
Chlorure de chaux.	—
— de zinc.	Dessiccation.
Bichlorure de mercure (sublimé corrosif).	Peinture.
Cyanoferrure de potassium	Carbonisation superficielle (pour le rôle de ces agents, V. *Chimie industrielle*, de Payen, II, p. 41.)
Acide arsénieux.	
— pyroligneux.	

C. D.

Conservation des boissons. Les boissons, en général, se conservent bien à une basse température. Mais, sous l'influence de la chaleur, la fermentation acide ou putride se développe facilement dans les vins, les bières et les cidres de qualités inférieures. Pour arrêter, au moins temporairement cette décomposition, les industriels ont employé l'acide salicylique qui, à faible dose, n'est pas toxique ; mais l'emploi en a été tellement exagéré (on a trouvé jusqu'à 3 grammes et demi de cet acide dans un litre de vin), qu'un arrêté ministériel en date du 7 février 1881 a interdit la vente de toute substance alimentaire liquide ou solide, contenant une quantité quelconque d'acide salicylique ou d'un de ses dérivés. En Allemagne, le bisulfure de chaux remplace l'acide salicylique sous ce rapport. — V. Bière, Brasserie, Cidre, Vin.

Conservation de l'eau. A bord des navires, on conserve l'eau, d'après le procédé de Berthollet, dans des tonneaux légèrement charbonnés à l'intérieur. Dans la marine anglaise, l'eau préalablement filtrée, épurée par le charbon, est conservée dans des vases métalliques. La conservation de l'eau dans les citernes s'obtient en y jetant du charbon de bois ou mieux de la braise de boulanger récemment éteinte. On a imaginé divers procédés propres à rendre potables, les eaux qui ont déjà subi un commencement de putréfaction.

Conservation des grains, graines et farines. Le problème de la conservation des blés, grains, graines et farines est d'une importance considérable, si l'on envisage les causes nombreuses de détérioration auxquelles ils sont exposés : l'humidité, la chaleur, les rats, les insectes, les champignons microscopiques, etc. Aussi a-t-on proposé et mis en œuvre différents moyens pour résoudre la question économiquement. Les anciens conservaient généralement les graines céréales dans des fosses profondes en terrain sec. De nos jours, en Espagne, en Hongrie, c'est dans d'immenses *silos* appelés *matamores*, creusés à 25 mètres de profondeur dans des sols choisis, que l'on conserve les grains en parfait état, durant plusieurs années. Les arabes de l'Algérie n'emploient pas d'autre moyen. L'expérience et l'observation ont conduit à placer les grains dans les conditions suivantes : absence de lumière, d'humidité ou d'air, température basse et invariable.

C'est en les réalisant qu'on peut s'opposer à la fermentation ainsi qu'à la naissance et au développement des insectes (charençon, alucite, teigne) qui produisent de si grands ravages dans les greniers ordinaires. On eut d'abord recours aux greniers clos, au grenier mobile, au grenier glacière, aux silos de d'Arcet et de Doyère, aux tonneaux ou colis, dont le couvercle est seulement chargé d'une grosse pierre, et qui sont placés dans la partie obscure d'un grenier ; disposition simple qui met les blés à l'abri de la lumière, de la poussière, de l'humidité et des rats.

On a reconnu aussi que les vapeurs de *sulfure de carbone* et de *chloroforme*, l'acide sulfureux, détruisent les insectes et leurs larves, sans que le grain subisse d'altération et sans qu'il conserve trace de ce traitement. On a constaté que la *chaux vive* peut aussi être employée avec succès à la conservation des grains. De toutes les causes de détérioration, la plus générale est la présence de l'air. Aussi supprime-t-on toutes les autres avec celle-là en faisant *le vide* dans les réservoirs où l'on place les grains.

Ce procédé qu'un savant naturaliste, M. Doyère, a décrit et pratiqué le premier, sur une assez grande échelle, il y a longtemps déjà, a été repris et amélioré par M. Louvel, qui a su y apporter d'heureux perfectionnements qui permettent de conserver indéfiniment les grains et les farines Les réservoirs où on les met sont en tôle de fer. Une locomobile sert à manœuvrer une machine à faire le vide, une fois pour toutes, ou à des inter-

valles assez éloignés. M. Louvel ayant remarqué que la tôle mince laisse parfois filtrer l'air, ce qui l'obligeait à renouveler le vide tous les mois environ, l'a remplacée par de la tôle à nervures qui, plus dense et plus résistante, s'oppose mieux aux filtrations de l'air et résiste plus sûrement à la pression atmosphérique. Le procédé de M. Louvel, non seulement permet de conserver les grains qui sont en bon état au moment de l'expérience, mais il fait en même temps disparaître les moisissures et leur odeur; en un mot, il arrête ou dissipe la fermentation.

On s'explique l'efficacité de ce procédé par le rôle que joue l'oxygène et l'humidité de l'air, éléments dont l'absence supprime toute cause de décomposition. — C. D.

Conservation des pierres. Certaines pierres tendres, notamment les calcaires, faciles à travailler, à sculpter, ne résistent pas de longues années à l'action de l'air, du soleil, de la gelée, de la pluie et même de certains insectes. On a cherché à parer à cet inconvénient. On a même employé à cet effet plusieurs des procédés précédemment décrits pour conserver les bois, soit par peinture, soit par pénétration d'un liquide sous pression. Mais le moyen le plus efficace est la *silicatisation* imaginée par M. Kuhlmann; procédé fondé sur l'affinité de la chaux pour la silice. Une dissolution de silicate de potasse en pénétrant une pierre calcaire y forme un silicate de chaux insoluble, qui durcit à l'air. C'est par ce procédé qu'on peut, au moyen d'un badigeonnage au silicate de potasse ou de soude, préserver d'une altération ultérieure d'anciens monuments construits en pierres calcaires tendres. — V. SILICATISATION.

Conservation des racines, rizomes, etc. Les racines de toute espèce, notamment les betteraves, les carottes, les pommes de terre sont conservees, en beaucoup de pays, dans des fosses profondes, nommées *silos*, creusées en sol sec et abrité de tous côtés. Les racines, aussi sèches que possible, y sont placées en lignes et en couches séparées les unes des autres par un peu de paille. Le tout est recouvert de paille et de terre. Les racines ainsi préservées de la double action de l'air et de l'humidité, se conservent saines jusqu'à l'été suivant.

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS. Etablissement destiné à la conservation et à la propagation des inventions utiles, et à l'enseignement des sciences appliquées à l'industrie, à l'agriculture et aux arts industriels.

Après la révolution de 1789, sous la première République, l'institution en germe dans le Musée Vaucanson, situé Hôtel de Mortagne, fut définitivement créée par un décret du 19 vendémiaire an III (10 octobre 1794). Les bâtiments choisis furent ceux de l'ancien prieuré St-Martin des Champs. L'étude du Conservatoire peut se diviser en quatre parties: *musée, portefeuille, bibliothèque, enseignement.*

Le Musée du Conservatoire renferme des collections de modèles et machines, provenant des collections existant sous la première République et sous le Consulat, de dons faits par des manufacturiers, des inventeurs, des savants, d'achats nombreux faits par l'Etat dans les expositions universelles, ou commandés pour les besoins des cours publics. Il y a, en outre, un grand nombre de modèles historiques.

Les machines en mouvement fonctionnent dans l'ancienne église de St-Martin des Champs. Les collections, dans les galeries du rez-de-chaussée, sont ainsi disposées: *au centre:* la salle dite de l'Echo; *côté nord:* poids et mesures, topographie, géodésie, astronomie, horlogerie. Une nouvelle galerie faisant suite aux salles d'horlogerie vient d'être aménagée pour les modèles et appareils relatifs à la géométrie et à l'art de bâtir; *côté sud*: métallurgie, exploitation des mines, constructions et produits agricoles, agriculture.

Les galeries du premier étage comprennent: *au centre:* chemins de fer; *côté nord:* machines à vapeur, machines outils, cinématique, appareils de chimie industrielle, produits chimiques. A l'extrémité de l'aile nord, à droite: céramique, verrerie, teinture et impression des tissus. A l'extrémité de l'aile nord, à gauche: une nouvelle galerie renferme les collections relatives aux arts chimiques, à l'industrie du papier, à la typographie, gravure, lithographie, photographie.

En retour du bâtiment principal, une galerie relativement récente, renferme les modèles et les produits des industries de filature et tissage. *Côté sud*: machines hydrauliques, moteurs et outils divers, salle de la physique mécanique, de la physique, de l'acoustique, de l'optique.

Portefeuille. Outre le grand nombre de modèles, le Conservatoire offre encore une collection très complète de dessins de machines, constituant le portefeuille industriel, installé au rez-de-chaussée du bâtiment faisant façade sur la rue St-Martin. Depuis 1880, le public peut consulter la collection dite de Vaucanson, renfermant tous les dessins de cet ingénieur, et tous ceux réunis à l'hôtel de Mortagne et au Conservatoire de 1775 à 1829. Les ingénieurs, les industriels peuvent étudier dans le portefeuille les dessins des machines les plus nouvelles, et en prendre copie au calque. Dans la salle du portefeuille se trouve encore la collection des brevets expirés, et le dépôt des marques de fabrique. Cette salle est ouverte au public tous les jours, excepté le lundi, de 10 heures à 3 heures.

Bibliothèque. La bibliothèque, ne renfermant exclusivement que des ouvrages scientifiques, est située dans l'ancien réfectoire du prieuré. Elle renferme environ 25,000 volumes. Elle est ouverte tous les dimanches de 10 heures à 3 heures et tous les jours de semaine, lundi et fêtes exceptés, de 10 heures à 3 heures et le soir de 7 heures et demie à 10 heures.

Essais. Le service des essais de la résistance des matériaux a été organisé par M. Tresca. Chacun peut envoyer des échantillons de marbre, métaux, poterie, tuyaux. Des machines spéciales sont destinées à étudier la force de résistance de ces échantillons, et un procès-verbal constate les résultats, sans néanmoins prendre un engagement quelconque pour l'avenir.

Le dimanche, des expériences peuvent être

faites dans la salle des machines en mouvement.

Enseignement. Dès 1796, Molard avait établi au Conservatoire une petite école de dessin appliqué aux arts dont Champagny, ministre de l'intérieur, en 1806, approuva la formation en y ajoutant l'enseignement de l'arithmétique, de la géométrie élémentaire, etc. Cette école réussit surtout au point de vue de l'enseignement du dessin. Plusieurs de nos grands industriels, Seillière, Emile Dolfus, Schneider, sont sortis de cette école qui fut fermée en 1874, comme formant, pour ainsi dire, double emploi avec les écoles de dessin créées par la ville de Paris. L'enseignement public et gratuit, inauguré en 1819, a pris un grand développement. Les cours ont lieu le soir et sont faits dans trois amphithéâtres; ils durent depuis le commencement de novembre jusque vers la fin d'avril et comprennent 40 à 43 leçons.

Quelques-uns de ces cours sont de deux et même de trois années. L'auditoire est composé de professeurs étrangers, d'élèves des écoles spéciales venant se mettre au courant des nouvelles découvertes, d'ouvriers désireux de s'instruire. Ces réunions étant très variables dans leur composition, le professeur prépare son cours, de telle sorte qu'une leçon forme un tout complet.

Les chaires sont aujourd'hui au nombre de quinze: géométrie appliquée aux arts, géométrie descriptive, mécanique appliquée aux arts, constructions civiles, physique appliquée aux arts, chimie générale dans ses rapports avec l'industrie, chimie industrielle, chimie appliquée aux industries de la teinture, de la céramique et de la verrerie, chimie agricole et analyse chimique, agriculture, travaux agricoles et génie rural, filature et tissage, économie politique et législation industrielle, économie industrielle et statistique, cours de droit commercial.

Le Conservatoire des arts et métiers est devenu, peu à peu, la Sorbonne de l'industrie, par la double mission dont il est chargé : donner l'enseignement par les yeux à l'aide de ses collections, donner l'enseignement oral qui doit rester scientifique tout en étant clair et élevé.

CONSERVES. Genre de lunettes montées avec des verres colorés en bleu, vert ou légèrement noirs. Ces verres ne jouissent généralement d'aucune propriété optique, c'est-à-dire n'éloignent ni ne rapprochent les objets.

CONSERVES ALIMENTAIRES. On donne ce nom à un certain nombre d'aliments, préparés de manière à ce qu'ils puissent être consommés après des intervalles de temps assez considérables, soit que ces aliments soient pris au point même où ils sont soumis aux préparations culinaires, comme la viande fraîche, les légumes verts, etc., soit au contraire qu'ils aient déjà été soumis à une certaine cuisson et les conserves se composent alors de plats préparés.

Bien que l'usage et certains procédés de conserver aient été connus de toute antiquité et chez tous les peuples, même les plus sauvages, l'industrie des conserves alimentaires ne date que du commencement de ce siècle, et l'honneur en revient tout entier au chimiste français Appert qui le premier en posa les principes rationnels. Depuis lui, il a été apporté de grands perfectionnements à cette fabrication, et l'énumération des brevets pris à ce sujet serait interminable. Toutefois, il est bon de reconnaître que le plus grand nombre d'entre eux ne consistent réellement qu'en des perfectionnements apportés aux idées d'Appert. L'industrie des conserves alimentaires devait trouver un large débouché, avec le développement des voyages maritimes pour lesquels elles sont d'un grand secours. L'alimentation des armées, a été également un des objectifs guidant les inventeurs. Enfin le développement des relations commerciales avec l'Amérique, où certaines contrées offrent des quantités considérables de bestiaux, dont la valeur est de beaucoup inférieure à la viande de nos pays, a été l'occasion d'essais de transports en grand de viande fraîche conservée et apportée sur nos marchés. Les expériences récentes tentées avec le *Frigorifique*, si elles n'ont pas résolu complètement la question, permettent toutefois d'espérer que le temps viendra, où l'alimentation publique trouvera une nouvelle source de produits sains et économiques.

On a vu dans l'article CONSERVATION, sur quels principes il y avait lieu de s'appuyer, pour soustraire les aliments aux altérations qui les atteindraient rapidement s'ils étaient abandonnés à l'air libre. Les méthodes de fabrication des conserves alimentaires, ne sont que la mise en pratique de ces principes, la soustraction du contact de l'air, le maintien de la température au-dessous d'un certain point, la privation de toute humidité, soit qu'on emploie ces moyens séparément ou simultanément. Le procédé mis en pratique par Appert, consiste à préparer les conserves au moyen du vide produit par la chaleur, c'est-à-dire par la raréfaction de l'air et la condensation des vapeurs. Il consiste d'une façon générale à remplir aux trois quarts environ, des bouteilles de verre, des vases ou boîtes en métal, avec les substances alimentaires que l'on veut conserver; à fermer ou à boucher ces vases très exactement, et à les soumettre ensuite pendant une demi-heure ou une heure, à l'action de la chaleur, dans un bain-marie d'eau bouillante. Suivant la théorie qu'a donnée Gay-Lussac des phénomènes qui ont eu lieu dans cette opération, l'oxygène de l'air contenu dans le vase se combinerait, sous l'influence de la chaleur, à une partie de la substance, et l'azote restant contribuerait comme antiseptique à la conservation des produits soustraits de cette manière à l'action et au contact de l'oxygène de l'air atmosphérique. Quelques inventeurs, tels que M. Fastier et M. Willaumez, ont légèrement modifié le procédé Appert, en cherchant à faire le vide dans les boîtes où sont disposées les conserves, attribuant le résultat obtenu au seul fait de ce vide. Bien qu'en effet il y contribue, il n'agit pas seul, et il est bien démontré aujourd'hui que l'application du bain-marie est indispensable. Quant aux procédés pratiques, les améliorations les plus importantes apportées consistent dans les procédés de cuisson à la vapeur, dans des chau-

dières à double enveloppe, avec une communication, soit avec un appareil ventilateur produisant un passage rapide d'air sec, soit avec un système produisant une dépression au sein de l'appareil. A côté du procédé proprement dit d'Appert, on emploie encore, soit le simple dessèchement de la substance, soit l'action d'antiseptiques dont les plus répandus sont le sel marin et la fumée. A cet égard, de nombreux antiseptiques ont été essayés, leur action est incontestable, mais un grand nombre d'entre eux ont dû être écartés à cause de leur nature et de la saveur particulière qu'ils donnaient aux aliments. Enfin l'application du froid, sur lequel nous reviendrons plus loin, constitue les derniers essais tentés pour conserver de grandes masses à la fois, sans un détail de manipulations et d'enveloppes compliquant beaucoup la question au point de vue économique, et formant l'un des principaux obstacles à l'importation des viandes américaines.

Il est aisé de prévoir que dans la fabrication des conserves alimentaires, la construction des enveloppes destinées à les renfermer joue un rôle très important. Elles doivent, tout d'abord, offrir une fermeture hermétique, s'opposant absolument à toute pénétration de l'air extérieur, et enfin n'être pas fragiles. Les boîtes en ferblanc sont celles qui remplissent le mieux ces deux conditions, aussi toute usine de conserves alimentaires est-elle forcément obligée de s'adjoindre un atelier de ferblanterie dont l'importance est considérable; seulement ces boîtes exigent pour leur fermeture une opération de soudure que les ouvriers du métier savent seuls établir, et qui s'oppose à leur emploi dans la préparation domestique des conserves. Généralement dans ce cas on a recours à des vases en verre, et là encore le nombre des inventeurs qui ont cherché à imaginer des fermetures hermétiques et commodes à pratiquer est considérable. Les bouchons à l'émeri, les fermetures à vis, le simple bouchon de liège avec enduit disposé par dessus, les obturateurs mobiles en caoutchouc, tels sont les nombreux procédés imaginés, sans qu'aucun d'eux présente une supériorité incontestable. La question du tour de main joue un assez grand rôle, et permet d'expliquer les différences d'interprétation émises sur le mérite comparatif de ces divers systèmes.

Conserves de viande. L'on met en œuvre pour fabriquer les conserves de viande, tous les procédés connus, dessiccation, salaison, fumage, exclusion de l'air, application du froid, et emploi des antiseptiques, et bien que le procédé de salaison puisse être rangé parmi ces derniers, on entend plutôt par là l'emploi d'agents spéciaux.

Conserves de viande desséchée. Ce mode de conservation date de temps très reculés, et a toujours été employé, notamment en Amérique, pour préparer les produits connus sous le nom de *carne-seca* et *tasajo* qui forment la principale ressource alimentaire des nègres, des chasseurs et des voyageurs. Il consiste, pour la carne-seca, à découper la viande fraîche en minces lanières et à les faire sécher au soleil, de façon à réduire la proportion d'eau contenue à 7 ou 8 0/0. Ces lanières sont roulées en pelottes faciles à serrer et à transporter. L'opération est un peu plus complexe pour le tasajo, la dessiccation au soleil est précédée d'une sorte de salaison et d'une compression énergique. MM. Cybelo et Jackson, dans l'Uruguay, ont établi ce mode de préparation d'une façon industrielle avec tous les soins convenables, en vue de l'exportation en Europe des viandes américaines. En 1794, Dizé s'est préoccupé de ce genre de conserves, et faisait subir à la viande avant le dessèchement une opération préliminaire, consistant en un passage à l'eau bouillante pendant vingt à vingt-cinq minutes pour extraire la lymphe, ce qui forme l'écume du pot-au-feu. Il terminait par une dessiccation à l'étuve à la température de 70°.

Il faut encore ranger dans cette catégorie de conserves, les viandes desséchées et pulvérisées, dont le *pemmican*, si souvent nommé dans les récits d'expédition polaire, est le type.

Viandes salées. Ce second procédé date d'aussi loin que le premier, il est d'un usage tellement simple et tellement répandu qu'il n'y a pas à insister beaucoup à son sujet. Toutefois, le salage exige un certain soin, si l'on veut assurer la durée de ses effets. Il doit être renouvelé à quelques intervalles, en retournant bien les carrés de viande sur toutes les faces, avant de procéder à l'embarillage, et cela afin qu'aucune portion de la surface n'échappe à l'opération protectrice. Des essais ont été faits pour activer l'opération du salage et en assurer les effets. Au lieu de faire simplement séjourner la viande dans le sel, on l'injecte avec une solution saturée de sel marin, afin de faire pénétrer la saumure dans toutes les parties. Quant aux effets de la saumure sur l'économie, il est bien évident que sans être absolument toxique, elle est nuisible surtout si l'usage des viandes salées est prolongé, ainsi que le prouve une partie des maladies spéciales affectant dans certaines conditions les équipages de mer.

Viandes fumées. Le fumage ou boucanage des viandes date encore de temps aussi reculés que les précédents, il ne s'applique, du reste, que concurremment avec le salage. Les viandes ayant été saupoudrées de sel et abandonnées huit ou dix jours, sont suspendues dans les chambres situées à un étage élevé, où arrive la fumée de cheminées pratiquées dans les caves du bâtiment. La fumée est entretenue jour et nuit avec un tirage convenable, pour que la chambre en soit toujours remplie, sans que la même en se dénaturant ou se chargeant d'humidité puisse rester trop en contact avec la viande. Il semble que ce soit la créosote que contient la fumée qui forme le principe conservateur.

Viandes en boites. Ce genre de conserve qui est l'application des procédés d'Appert, a pour objet de soustraire les aliments à l'action de l'air. Il permet non seulement de faire des conserves de viandes prises à l'état naturel, mais également aussi de certaines préparations culinaires, telles que bœuf à la mode, ragoûts, etc., qui procurent d'immenses ressources pour l'alimentation des équipages et des voyageurs. Le procédé d'Appert,

tel qu'il l'employait en 1809, consiste à renfermer dans des boîtes de ferblanc, les substances que l'on veut conserver, cuites aux trois quarts; à souder ces boîtes avec la plus grande précision, car de là dépend le succès de l'opération; enfin, à soumettre ces boîtes fermées à l'action d'un bain-marie, un temps variable suivant leur volume. Une modification assez importante a été apportée au procédé par Fastier, en 1839; on ne ferme plus complètement la boîte quand on la plonge dans le bain-marie, et l'on y laisse une très petite ouverture, permettant aux gaz et vapeurs de s'échapper. Quand la cuisson est terminée, que les vapeurs sortent avec force, on retire la boîte de façon à ce que la partie inférieure plonge encore dans le bain-marie; on ferme rapidement le petit trou conservé avec un grain de soudure, et on retire complètement la boite, en l'aspergeant d'eau froide. Les vapeurs encore contenues sont immédiatement condensées, il se forme un vide, et les parcelles d'air qui avaient pu rester dans les tissus et notamment dans les os lorsqu'on traite des oiseaux, se dégagent et se réunissent au-dessus du liquide qui enveloppe la viande. Il est certain que l'on prolonge ainsi beaucoup la durée des conserves.

A côté de ces deux procédés des plus simples, on prépare aussi des conserves, dites *conserves autoclaves* et *conserves de bœuf comprimé* dues à Martin de Lignac (1854). Dans le premier la viande est enfermée à l'état cru au sein du bouillon dans les boîtes, celles-ci sont fermées et chauffées dans un bain-marie à 108°, à l'aide de chaudières autoclaves. Au sortir du bain on perce un petit trou pour donner issue aux vapeurs, et on le referme immédiatement par un grain de soudure. Dans le second, la viande est coupée en petits morceaux, desséchée dans une étuve par un courant rapide d'air à 35°, et enfermée dans les boîtes en la comprimant, de telle sorte que un décimètre cube renferme la valeur de $2^{k},1/2$ de viande fraîche. Ces boîtes sont fermées et portées à la chaudière autoclave, ce qui termine l'opération.

Conserves par le froid. Le grand reproche, et le seul, à adresser au procédé Appert et à ses modifications, c'est le prix élevé qu'il entraîne forcément pour les produits, et cet obstacle s'opposait absolument à l'importation sur une grande échelle des viandes américaines, de manière à rester dans des conditions économiques avantageuses. Or, le froid préserve parfaitement les matières animales de la putréfaction, et permet, même à la température de 0°, de les conserver fort longtemps. Ce moyen deviendra encore plus efficace si à l'action du froid, on ajoute la soustraction de l'air. Il est vrai que pendant longtemps il n'y avait pas d'autre moyen pratique de produire le froid, que l'emploi de la glace. Mais depuis les travaux récents dus à MM. Tellier, Giffard, Carré, etc., qui ont permis à l'aide d'agents chimiques, éther méthylique, ammoniaque, etc., de produire le froid industriellement, procédés qui seront décrits à leur place dans ce *Dictionnaire*, on comprend que l'industrie des conserves a trouvé un nouveau procédé qui lui a permis de résoudre le problème de l'importation économique des viandes américaines et sur une grande échelle. Des navires, le *Paraguay* et le *Frigorifique*, spécialement construits et aménagés pour cette destination particulière, ont pu faire le voyage d'Amérique au Havre en rapportant des cargaisons entières de pièces de viande et de poisson conservées pendant toute la traversée à l'abri de l'air et dans un état complet de congélation. Ces viandes, ainsi qu'il résulte des constatations par les commissions d'hygiène, soumises à l'action de l'air frais, reprennent au bout de deux jours l'apparence et la saveur de la viande fraîche, et se conservent aussi longtemps que la viande qui sort directement des abattoirs.

Conserves par les antiseptiques. Il a été tenté dans cette voie de nombreuses tentatives, pour fabriquer des conserves de viande; soit en déposant les substances dans une atmosphère protectrice comme l'acide sulfureux, soit en les injectant au moyen de pompes foulantes tantôt avec du chlorure d'alumine, de l'acétate de soude, du bisulfite de soude, de l'acide salicylique, etc. Bien qu'il y ait dans cette voie des ressources qui ne sont pas à dédaigner, et qui peuvent, par la simplicité d'exécution, rendre de grands services, il ne semble pas qu'elles aient trouvé un accueil favorable auprès du public, et leur application au point de vue industriel n'existe pas encore à proprement dire.

Conserves de poisson. Le poisson se corrompt très rapidement à l'air, de là l'importance des divers moyens propres à le conserver. Si cette opération n'a pour but que la conservation pendant quelques jours de ces substances alimentaires, on peut se contenter de les envelopper dans de la glace, mais ce procédé ne peut convenir que pour un laps de temps très court, et ne permet d'agir que sur des quantités relativement minimes. Il ne sert qu'à l'expédition du poisson des ports de mer à des destinations un peu éloignées, ou à l'usage des marchés, il rend surtout des services dans la saison d'été, où l'élévation de la température détermine très rapidement la corruption du poisson.

Lorsque les conserves doivent être faites sur une grande échelle et pour de longs espaces de temps, on a recours à la dessiccation, au fumage, au séchage ou à l'immersion dans l'huile d'olive. On y ajoute aujourd'hui la conserve de préparations au beurre, prêtes à être servies immédiatement sur la table comme un plat fraîchement préparé. Parmi les conserves de poisson les plus répandues, il faut citer les sardines et le thon à l'huile, les sardines salées, les harengs salés et fumés, la morue, le saumon salé et fumé, et divers poissons préparés, parmi lesquels les homards.

Conserves à l'huile. Parmi ces conserves, celles de sardines tiennent la place la plus considérable. On ne se fait généralement pas une idée de la quantité considérable de ce produit livré chaque année à la consommation, ainsi la maison Pellier frères du Mans, l'une des plus importantes il est vrai dans cette industrie, livre à elle seule tous les ans plus de 50,000,000 de sardines à l'huile

nécessitant plus de 3,000,000 de boîtes en fer blanc. Les sardines sont apportées aux ateliers dès que les pêcheurs rentrent au port, quand la pêche se fait en vue des côtes où sont installées les usines, autrement les sardines sont salées en mer au fur et à mesure de la pêche, si leur transport aux usines nécessite un certain temps. Aussitôt que les poissons sont livrés par les pêcheurs, on procède à l'étêtage. Des femmes assises devant une table et armées d'un petit couteau bien tranchant, enlèvent d'un seul coup la tête et les intestins du poisson; quelquefois même les arêtes, puis sans perdre de temps on les saupoudre de sel. Une ouvrière habile peut ainsi en traiter un millier par heure. Environ douze heures après l'étêtage et le séjour dans le sel, on leur fait subir un lavage destiné à les nettoyer complètement. On étend ensuite les sardines sur des claies en fil de fer, puis on les fait sécher soit au soleil, si le temps le permet, soit dans des étuves à air chaud. Quand elles sont sèches on les dispose debout sur des grilles et on les immerge deux ou trois minutes dans un bain d'huile d'olive chauffé à 250°. En sortant de l'huile, les grils sont portés à l'égouttage et au séchage, puis les sardines sont rangées dans des boîtes en ferblanc, que l'on remplit le mieux possible, et dans lesquelles on verse de l'huile pour garnir tous les vides, et couvrir la première couche supérieure de poissons. Enfin, on soude le couvercle des boîtes, et on les plonge dans un bain-marie à 100°, pendant une à deux heures, suivant le volume des boîtes. Les boîtes sont essuyées dans la sciure, séchées, étiquetées et prêtes à être expédiées. Il est inutile de dire qu'une des premières conditions pour la qualité de ce produit réside dans l'emploi d'huile d'olive de bonne qualité. Les sortes livrées au commerce portent les noms de quart, demi, deux tiers de boîtes, boîtes et triples boîtes, suivant la quantité de sardines qu'elles contiennent, qui varie de 6 à 12, 12 à 25, 25 à 30, 30 à 50, 100 à 200. Depuis quelques années on livre au commerce des sardines à l'huile dans des pots en verre en forme de creusets, mais la fragilité de l'enveloppe, le bouchage toujours inférieur à celui des boîtes soudées limitent énormément ce mode d'emploi, surtout lorsqu'il s'agit de l'exportation.

Les conserves de thon et autres poissons se pratiquent de la même façon, seulement quand les pièces sont un peu grosses, on les débite en morceaux avant de les faire cuire dans l'huile afin de faciliter cette cuisson, et de pouvoir plus facilement opérer la mise en boîte.

Conserves salées. Ce mode de préparation s'emploie principalement pour la morue, le hareng et les anchois. Le procédé général consiste, aussitôt le poisson pêché, à couper la tête; à vider les intestins et le foie; de plus, pour la morue, on la tranche en deux afin d'en retirer les arêtes. Cette dernière se dispose alors à fond de cale, tête contre queue et queue contre tête, par couches successives, avec du sel sur un espace de deux mètres carrés environ. Au bout de quelques jours, quand la morue a égoutté son eau, on la déplace en reformant le tas de la même façon et on n'y touche plus jusqu'à l'arrivée au port de débarquement, où on la dispose dans des barils entre des couches de sel, pour l'expédier sur les marchés de consommation.

Le hareng est plongé dans une dissolution concentrée de sel marin dite *sauce*, pendant 12 à 15 heures, puis égoutté, ce que les pêcheurs appelent *varandage*, et enfin rangé dans des barils entre des couches de sel. Au retour des bateaux pêcheurs, les barils sont défoncés, les harengs sont lavés dans des cuves et nettoyés dans leur propre saumure, séchés et disposés à nouveau, ou *littés*, suivant le terme employé, dans des barils, en les pressant fortement. Les anchois sont littés immédiatement après le nettoyage et souvent on emploie du sel sali à l'ocre rouge. Les vases étant remplis, on y ajoute le couvercle, qu'on perce d'un trou par lequel on verse une dissolution concentrée de sel. On expose les barils au soleil, le trou recouvert d'une large brique, ce qui détermine une fermentation assurant la conservation, et lorsque cette fermentation est jugée suffisante, on bouche le trou avec un bouchon, et on expédie les conserves.

Conserves fumées. Ce mode s'applique surtout aux harengs connus sous le nom de *harengs saurs*. On commence d'abord par les saler comme on a vu plus haut, en ne prolongeant toutefois cette opération que pendant la moitié du temps employé pour le hareng salé. Les poissons salés sont attachés par la tête à des branches de bois, dites *aînes*, puis pendus dans des cheminées ou fours, appelés *roussables* et soumis à un feu de bois donnant peu de flamme et beaucoup de fumée. L'emploi du chêne pour le fumage semble être l'origine de la qualité des harengs saurs de Hollande. L'opération dure environ 24 heures et s'applique à 10 ou 12,000 harengs à la fois. Il n'y a plus qu'à les disposer dans de petits tonneaux pour l'expédition.

Les sardines, le saumon se traitent de la même façon.

Conserves préparées. On désigne sous ce nom des conserves de poissons découpés et cuits, avec addition ou non d'une sauce particulière, telles que l'aloze, les filets de sole, la dorade, le homard, etc.; leur préparation est en tous points semblable à celle des mets analogues faits avec de la viande; on les enferme également dans des boîtes de ferblanc soudées.

Conserves de lait. Les altérations du lait se produisant naturellement, dans des intervalles de temps très court et étant favorisées par les conditions variables de l'atmosphère, soit par la chaleur, soit par la tension électrique, on comprend que dès que le lait n'est pas rapidement consommé sur place, le problème de sa conservation offre une grande importance. Pour cet aliment, la question présente donc un double point de vue, assurer la conservation du lait pendant quelques jours, pour en faciliter le transport, ou préparer une conserve susceptible de n'être employée qu'après un délai assez considérable, dans les approvisionnements maritimes, par exemple.

La conservation du lait pour de courts intervalles, sur laquelle nous n'insisterons pas, consiste : soit à le priver, par l'ébullition, de l'action de l'oxygène qui favorise la formation du ferment, procédé employé dans les ménages ; soit en tirant parti de la propriété que possèdent les alcalis de faire disparaître sur le champ le coagulum formé par les acides, à l'aide du bicarbonate de soude dans la proportion de 2 grammes et demi par litre ; soit enfin en abaissant la température, en transportant le lait au sein d'un bain de glace. Le chimiste Donné a proposé une ingénieuse disposition pour la réalisation de ce dernier procédé. L'appareil se compose de deux cylindres concentriques en ferblanc, isolés dans une enveloppe de bois et communiquant avec l'extérieur par des robinets. Le cylindre intérieur est rempli de glace. Enfin, l'appareil est monté sur axe mobile permettant de l'agiter en tous sens, mouvement qui, répété de temps en temps, s'oppose à l'agglomération des globules gras ; on peut ainsi conserver le lait quinze jours.

La recherche de la fabrication des conserves de lait proprement dites, destinées aux approvisionnements de long cours, a été poursuivie par de nombreux chimistes. Appert le premier s'en est préoccupé. Il réduisait le volume du lait frais tiré de 1/3, par des écrêmages répétés, puis l'enfermait dans des bouteilles soumises pendant deux heures au bain-marie. Préparé, ainsi, le lait est susceptible de se conserver quelques mois; mais en voyage, par suite des mouvements auxquels il est soumis, il y a séparation des éléments en beurre et petit lait. Mabra avait essayé de parer à cet inconvénient en disposant sur les bouteilles un bouchon muni d'un petit tube d'étain. On ne procédait à la fermeture de ce tube, au-dessous du niveau du liquide, qu'après le refroidissement, de façon à obtenir un remplissage absolu, supprimant tous les ballottements pendant le transport.

C'est encore à Appert qu'on doit l'idée des conserves de lait à l'état solide, désignées généralement sous le nom de *lait concentré*, et dont la Suisse fait un grand commerce. Divers procédés de fabrication sont employés à cet effet. Le procédé Malbec consiste à ajouter au lait 1/16 de son poids de sucre blanc; à évaporer le mélange au bain-marie, puis à le soumettre à un refroidissement parfait dans des vases fermés ensuite hermétiquement. Pour en faire usage, on dissout six cuillerées de cette préparation dans 184 grammes d'eau chaude. Braconnot faisait chauffer le lait vers 40°, le faisait coaguler par l'acide chlorhydrique, puis, au caillé, ajoutait de 5 à 7 grammes de bicarbonate de soude pour 4 litres de lait, et 1/3 du poids de la bouillie de sucre blanc. Cette bouillie peut se conserver en vases clos. Le procédé qui semble avoir donné les meilleurs résultats est celui de Martin de Lignac. Aussitôt trait, le lait est versé, sans être écrêmé, dans de grandes bassines à fond plat, peu profondes, sur une hauteur qui n'excède pas 1 centimètre, disposées dans un bain-marie chauffé par la vapeur et pas à plus de 100°. On ajoute 60 grammes environ de sucre blanc par litre de liquide et la solution est évaporée en remuant constamment jusqu'à réduction au sixième du volume primitif; sa consistance est alors celle du miel. On en remplit des boîtes de ferblanc, tenues submergées pendant 30 minutes dans un bain-marie chauffé à 105° et avant de les retirer, on ferme par un grain de soudure un petit trou laissé dans le couvercle pour donner issue à l'air et à la vapeur. Ce lait s'emploie en le délayant dans 5 ou 6 fois son poids d'eau tiède. L'expérience a montré qu'une boîte entamée pouvait servir pendant huit ou dix jours consécutifs. Les Compagnies suisses opèrent à peu près de la même façon ; seulement le lait est chauffé dans des marmites à double fond, analogues aux chaudières de concentration des jus sucrés, au-dessus desquelles on peut opérer une dépression, et le lait bout alors à 60° centigrades.

On prépare également des conserves de lait en poudre. Le lait mélangé avec du sucre et du carbonate de soude est rapidement évaporé dans un vase à double fond oscillant sans cesse. Lorsqu'il est épaissi à l'état de mélasse, on le verse dans des vaisseaux non métalliques, chauffé de nouveau et brassé sans cesse jusqu'à ce qu'on obtienne une pâte ferme. Cette pâte est laminée, sous le passage d'un courant d'air sec qui achève la dessiccation. Les rubans ainsi obtenus sont passés à la meule, et la poudre qui en résulte disposée dans des enveloppes closes hermétiquement, que l'on porte dans une étuve fortement chauffée. Pour employer cette poudre, on la délaie dans 8 fois son poids d'eau chaude.

Conserves d'œufs. Pour conserver les œufs, il suffit de déposer à la surface de la coquille un enduit imperméable, afin de combattre la porosité naturelle de la coquille qui laisse toujours pénétrer l'air plus ou moins rapidement, ce qui amène la détérioration de l'aliment. A cet égard de nombreuses recettes ont été proposées, et l'on comprend aisément qu'une foule de vernis peuvent servir à cet usage.

L'un des procédés les plus simples et qui semble donner de bons résultats, consiste à faire baigner les œufs, recueillis au moment de la ponte, dans une solution de sel marin à 10 parties de sel pour 1 d'eau, ou dans un lait de chaux, jusqu'à ce qu'ils tombent d'eux-mêmes au fond du vase, puis à les faire sécher à l'air et à les conserver à l'abri de l'humidité. Certains expérimentateurs prétendent avoir gardé ainsi dix-neuf mois des œufs, qui ne présentaient ensuite aucune différence avec l'œuf frais. La proportion de sel absorbée était insaisissable au goût. On se sert de vernis au collodion, à la gomme laque, à la gutta-percha. On peut encore plonger l'œuf dans une solution gommée et le saupoudrer entièrement avec du plâtre cuit et finement pulvérisé. M. Willaumez prépare un enduit avec 500 grammes d'huile de lin, 100 grammes de litharge et 60 de colophane fondus ensemble.

Dans quelques comtés d'Angleterre, on fait usage d'une conserve d'œufs durs, qui peut rendre certains services dans l'alimentation. Les œufs

durcis sont retirés de leur coquille. et mis à confire dans du vinaigre aromatisé, à l'instar des conserves ordinaires de ce genre.

Conserves de légumes. Les procédés de fabrication de conserves de légumes sont ou la dessiccation, ou l'exclusion de l'air par le procédé Appert. Nous ne ferons que mentionner l'emploi des antiseptiques, car les essais tentés dans cette voie n'ont eu en réalité aucun résultat industriel. Les plus intéressants ont porté sur l'emploi de l'acide sulfureux. La fabrication des conserves de légumes donne lieu à une industrie très importante, dont les sièges principaux sont à Paris, Nantes, Angers, Bordeaux et Perpignan. On ne prépare annuellement pas moins de 6,000,000 de kilogrammes de ces conserves, dont les 4/5 sont emportés dans tous les pays du monde.

Légumes secs. Le procédé de la dessiccation a été employé de tout temps à une première classe de légumes bien connus et désignés sous le nom de légumes secs, tels que haricots, pois, lentilles, etc. On a cherché à en généraliser l'emploi même pour ceux qui ne se consomment qu'à l'état frais et ces essais donnent lieu aujourd'hui à un grand commerce. La dessiccation simple a reçu à cet égard de grands perfectionnements. Masson, jardinier du Luxembourg, opérait avec un courant rapide d'air chaud réduisant ainsi le poids des matières herbacées des 9/10e. Puis à la simple dessiccation il ajoute la compression, enfin une troisième modification donna lieu à l'exploitation bien connue des *conserves Chollet*. Les légumes lavés et épluchés avec soin, sont soumis dans des chaudières autoclaves à double fond, à l'action de la pression de la vapeur d'eau portée à 115°. Cette cuisson ne demande que quelques minutes, puis les légumes sont portés sur des claies dans des séchoirs, où un ventilateur entretient un courant énergique d'air chaud. L'air entre à 45° et marque 5/100 de saturation à l'hygromètre ; il sort à 28° presque saturé d'eau. Les légumes au sortir de l'étuve sont ou enfermés dans de simples cartonnages, ou comprimés à la presse et transformés en gâteaux durs débités à la scie, enveloppés de papier d'étain, et destinés aux approvisionnements maritimes.

Coloration des légumes (reverdissage). La préparation des conserves de légumes leur fait perdre leur couleur verte, et les fabricants ont toujours cherché à remédier à cet inconvénient qui nuit à l'aspect du produit. Le premier moyen auquel on a eu recours consistait à ajouter dans l'eau où se faisait la cuisson un peu de sulfate de cuivre, qui fournit un précipité de cuivre s'unissant aux acides végétaux et donnant aux légumes une magnifique couleur verte. Mais il a été reconnu que cette pratique pouvait, au point de vue de la salubrité, entraîner de graves inconvénients, et sur les rapports des comités d'hygiène, des arrêtés administratifs en proscrivirent absolument l'emploi. De nombreuses tentatives ont été faites pour substituer au cuivre des matières colorantes inoffensives, en particulier la matière qui colore naturellement les végétaux, la *chlorophylle*; mais les résultats obtenus n'ont jamais réussi d'une façon absolue, et les fabricants recourent encore le plus souvent au cuivre. D'ailleurs les derniers travaux des hygiénistes ont montré que le cuivre employé à des doses minimes et cependant suffisantes pour atteindre le but cherché ; soit environ 6 milligrammes par 1/2 boîte ordinaire ne pouvait avoir aucune influence nuisible sur l'économie. La révision des règlements administratifs sur cette question, est encore à l'ordre du jour, sans avoir reçu de solution.

Légumes en boîtes. On désigne plus particulièrement sous ce nom les conserves préparées par le procédé Appert, en enfermant les légumes dans des boîtes de ferblanc, et opérant suivant la méthode d'Appert exactement comme pour les *conserves de viande*. — V. plus haut.

Conserves de fruits. Sans nous arrêter au procédé élémentaire de conservation des fruits dans les fruitiers, qui n'offre que des moyens limités, et ne s'applique qu'à certaines catégories de fruits, comme les pommes et les poires, nous dirons cependant un mot de la conservation du raisin, qui permet de conserver ce fruit presque d'une récolte à l'autre. On coupe un sarment porteur d'une grappe en laissant 3 à 4 entre nœuds au-dessus et au-dessous de la grappe, et l'on enduit l'extrémité supérieure d'un peu de cire. La partie inférieure du sarment est introduite dans une fiole d'eau, à laquelle on ajoute un peu de charbon de bois pour éviter sa putréfaction, les fioles sont ensuite bouchées, disposées dans un fruitier ordinaire, et le raisin se conserve ainsi des mois entiers.

Les moyens de conservation les plus usités pour les fruits, sont la dessiccation, ou la préparation dans des sirops sucrés par le procédé d'Appert.

Conserves de fruits secs. L'on opère sur les fruits entiers ou coupés en morceaux, soit par une simple exposition au soleil, soit dans des fours de boulangerie, soit dans des étuves. Il ne faut pas que les fruits conservent plus de 15 à 20 0/0 d'eau pour se bien conserver. C'est ainsi qu'on prépare les pommes, les poires dites tapées, les pruneaux, le raisin sec, etc. En Amérique, depuis quelques années, on prépare sur une très grande échelle des conserves de pommes, par une simple dessiccation du fruit découpé en tranches, dans un courant d'air sec porté à 60°.

Conserves de fruits confits. Le sucre, qui en dissolution étendue, éprouve rapidement la fermentation alcoolique, ne s'altère pas au contraire en dissolution très concentrée, d'où un procédé de conservation. Soit en préparant des fruits cuits dans un sirop très sucré, et renfermé dans des vases clos, par le procédé d'Appert, connus dans le commerce sous le nom de *compotes* ; soit en faisant pénétrer les fruits de cette solution qui en remplit les pores et forme une couche cristalline à la surface, ce qui forme les fruits confits.

Conserves au vinaigre. Ce genre de conserves, qui n'est qu'une variété des conserves par les antiseptiques, occupe dans l'économie domestique une place si considérable que nous

avons cru devoir le mentionner particulièrement. Presque tous les légumes peuvent être employés à ces préparations, une partie des principes qu'ils contiennent se dissout dans l'acide acétique dont ils s'imprègnent d'autre part, ce qui modifie complètement leur saveur et les transforme en un produit nouveau, contrairement à ce qui a lieu pour les autres genres de conserves où l'on s'efforce au contraire de conserver aux substances leur état naturel. Leur préparation est d'ailleurs des plus simples, elle se fait à froid ou à chaud. Les légumes, disposés dans du gros sel pendant 24 à 48 heures, afin de leur faire rendre l'eau qu'ils contiennent, sont enfermés dans des bocaux de vinaigre aromatisé, bouchés hermétiquement, ou bien passés dans deux ou trois bouillons successifs de vinaigre avant d'être renfermés dans les bocaux. Les conserves sont bonnes à employer au bout de quelques mois, quand il s'est établi un équilibre d'acidité entre les légumes et la liqueur où ils baignent ; celles faites à chaud sont plus rapidement prêtes, de plus elles offrent l'avantage de conserver certains légumes dans toute leur verdeur si les bouillons sont pratiqués dans une bassine de cuivre. L'Angleterre livre une quantité considérable de ces conserves connues sous le nom de *pickles*, *piccadilli*, etc., assez estimées, qui n'offrent de particulier que l'emploi d'un vinaigre riche en acide acétique, l'addition d'épices, de piment et quelquefois de farine de moutarde. — R.

***CONSTANCE.** *Icon.* Les anciens ont personnifié la *Constance* sous la figure d'une femme dans l'attitude de la méditation, quelquefois coiffée d'un casque et armée d'une lance ; les modernes la représentent les pieds posés sur une pierre carrée, symbole de la fermeté, ou le bras gauche embrassant une colonne, emblème de la stabilité et de la main droite, étendant une épée au-dessus d'un brasier ardent.

CONSOLE. 1° *T. d'arch.* Support en pierre, bois ou métal, qui a pour fonction de soutenir un membre saillant d'architecture : balcon, corniche, galerie, ou bien encore un vase, une statue, un buste, etc. || 2° *T. d'ameubl.* Petit meuble de luxe, formé d'une table et de pieds façonnés comme les consoles d'architecture, et qui est destiné à porter des fleurs ou des objets d'art ou de fantaisie. || 3° *T. techn.* Pièce de fer ayant la figure d'une console renversée et qui sert à arc-bouter une rampe d'escalier. || 4° Morceaux de bois carrés, enchâssés sur le lisoir de devant d'une voiture, et qui supportent la coquille. || 5° *T. de filat.* Organe des cardes s'appliquant contre les demi-lunes, et auxquelles il est maintenu fixé par le moyen de boulons. Les consoles servent de supports aux paliers en fonte garnis de coussinets en bronze dans lesquels tournent les axes du volant.

***CONSTANT-DUFEUX** (Simon-Claude), architecte, né à Paris le 5 janvier 1801, mort dans la même ville le 29 juillet 1871. Il remporta, en 1829, le grand prix sur un « Lazaret pour une ville méridionale ». On lui doit, outre des travaux de décoration exécutés au Panthéon, lorsqu'en 1850, ce monument fut rendu au culte ; la restauration de l'église Saint-Laurent, à Paris (1861-66). Constant-Dufeux était officier de la Légion d'honneur depuis 1860.

CONSTRUCTEUR. *T. de mét.* Ce terme qui s'applique plus spécialement aujourd'hui aux constructions métalliques, conserve néanmoins dans sa généralité, une signification très étendue et fort élastique, car il englobe tous ceux qui, à un titre quelconque, opèrent sur les pièces brutes particulièrement en métal dont ils opèrent l'assemblage en vue de produire un appareil fini et déterminé. Sous cette expression, on comprend donc la construction des fermes et des halles métalliques, celle des ponts de toutes sortes, etc., la préparation des appareils si variés, de toutes formes et de toutes dimensions, en nombre infini, pour ainsi dire, qu'emploie l'industrie, et plus spécialement celle des chaudières et machines de tout genre, machines à vapeur fixes ou mobiles, machines à gaz, machines électriques, machines outils de formes et destinations quelconques, machines de filatures, machines agricoles, etc., et même la préparation des appareils de précision de tout genre destinés à des études purement scientifiques, ou souvent même aussi à des applications industrielles.

Nous ne pouvons donc ici entrer à ce sujet pour chaque industrie dans des explications détaillées qui constitueraient pour ainsi dire le *Dictionnaire* tout entier, nous devrons nous borner seulement à donner quelques indications générales constituant en quelque sorte le trait commun de ces professions si diverses.

L'art du constructeur exige des connaissances particulièrement étendues et des plus complexes, ce qui donne d'ailleurs la raison de cette grande spécialisation dont nous venons de parler ; pour adapter aussi complètement que possible l'objet à produire au rôle qu'il doit remplir, il faut avoir l'idée exacte de ce rôle, des conditions diverses dans lesquelles cet appareil va se trouver placé, l'avoir manié souvent et pratiqué même réellement, tant dans son travail normal que dans les cas difficiles : c'est ainsi seulement qu'on peut arriver à produire un appareil réellement pratique susceptible de fonctionner toujours régulièrement et sans difficultés, parce que tous les organes, jusque dans leurs moindres détails, ont été étudiés en vue de cette application.

Un constructeur qui veut réaliser un appareil dont le type et les dimensions générales sont déjà arrêtées en principe, doit alors étudier en détail les différents organes de cet appareil afin d'en fixer la forme et les dimensions, d'arrêter en un mot pour chaque pièce des dessins d'exécution en vraie grandeur qui puissent être remis aux ateliers.

C'est ce travail qui donne en quelque sorte la véritable mesure du talent du constructeur, et c'est par là seulement qu'il justifie le titre d'ingénieur que certains constructeurs s'attribuent parfois sans posséder les connaissances théoriques qui leur seraient nécessaires pour produire une œuvre originale.

Pour cette étude, il convient de se rendre un compte exact et précis du rôle de chaque pièce, d'évaluer, s'il est possible, par le calcul, l'effort

auquel elle pourra se trouver soumise afin d'en déduire la nature du métal qu'il convient d'adopter, la forme et la section qu'il convient de lui donner. L'ingénieur qui en est chargé doit donc avoir des notions précises sur toutes les propriétés physiques et chimiques des métaux qu'il va mettre en œuvre, connaître exactement la manière dont ils se comportent dans les différents cas afin de faire un choix raisonné. La fonte convient généralement pour les pièces qui doivent travailler à la compression, elle est peu dispendieuse, elle peut se couler sous une forme quelconque, et on s'en sert pour les bâtis des machines fixes, mais elle a l'inconvénient d'être fragile et cassante. Le fer est le métal par excellence des organes de machines et de toutes les pièces, en un mot, qui doivent subir des chocs, résister à un effort de traction ou de cisaillement un peu violent. Le métal fondu, connu sous le nom d'acier, tend à remplacer définitivement le fer dans la plupart des applications, il est plus homogène, s'use plus régulièrement, présente une résistance à la rupture et un allongement plus élevés, il peut se préparer enfin dans les conditions les plus variées, soit qu'on désire un métal particulièrement dur et résistant pratiquement inusable, ou un métal plus doux et plus malléable, d'une nature plus voisine de celle du fer. Le bronze convient surtout pour les pièces qui doivent supporter des frottements continus, car il est susceptible de prendre un poli qu'on n'obtiendrait jamais avec le fer, et il assure ainsi une réduction énorme dans le coefficient de frottement. Toutes les pièces frottantes, coussinets de tout genre, tiroirs distributeurs, etc., sont généralement en bronze ayant souvent une composition spéciale. Le tourillon qui frotte au contact du bronze est, au contraire, durci à dessein et cimenté pour que l'usure porte exclusivement sur la pièce en bronze dont le remplacement est plus facile.

Après avoir déterminé la nature du métal à employer, il convient de préciser la forme et les dimensions des différentes pièces. Cette étude exige des calculs délicats et minutieux qui sont basés, comme on sait, sur la théorie de la résistance des matériaux. On calcule aussi exactement qu'il est possible de le faire l'effort que la pièce devra supporter en service, et on en déduit les dimensions à lui attribuer d'après les données qu'on possède sur la résistance du métal employé, et d'après le coefficient de sécurité qu'on veut adopter. Pour une chaudière à vapeur on calculera l'épaisseur de la tôle en partant de la valeur connue de la pression de la vapeur dans la chaudière ; pour une pièce tournante, comme un volant par exemple, on devra déterminer les réactions qui se développent dans la pièce lorsqu'elle marche à son maximum de vitesse, et on déduira l'épaisseur des rais, celle de la jante, etc.

Ces recherches sont absolument indispensables pour que la machine puisse fonctionner sans qu'il y ait à craindre de rupture des organes, mais l'étude même de l'appareil n'est pas encore terminée avec ces calculs, car, tout en partant des données ainsi acquises, il reste encore de nombreux détails à discuter pour l'approprier complètement. C'est par ces détails soigneusement étudiés qu'on reconnaît, comme nous le disions, le *constructeur habile*, réellement digne du nom d'ingénieur qui s'est bien pénétré du travail de chacune des pièces, de manière à en rendre l'entretien commode et facile, et qui, en même temps, tenant compte des nécessités de la construction, n'est jamais sorti de ces formes simples et facilement réalisables, les seules qu'un atelier puisse obtenir sans trop de frais. Pour une chaudière, par exemple, après qu'on a déterminé par le calcul l'épaisseur des tôles des viroles, il reste encore à déterminer la disposition à donner aux joints pour faciliter les rivures, assurer l'écoulement de l'eau, à étudier l'emboîtement des viroles, la répartition des trous de vidange pour assurer l'accès à toutes les pièces intérieures, l'enlèvement des dépôts, en un mot l'entretien facile et le bon usage de la chaudière. Toutes les pièces exposées à une usure rapide doivent être d'un accès commode et d'un remplacement facile, etc. Ajoutons enfin qu'il faut se préoccuper un peu aussi de l'effet artistique, car il convient de consacrer une certaine élégance de formes jusque dans les produits mécaniques. Un objet est beau, disent les moralistes, lorsqu'il exprime de lui-même, par sa forme extérieure, l'idée de celui qui l'a conçu, et c'est là souvent, ce nous semble, même pour un constructeur, le plus bel éloge qu'on puisse faire de son œuvre.

Nous pouvons ajouter d'ailleurs pour les édifices métalliques, par exemple, qu'ils forment les véritables monuments de notre époque qui n'a pas encore su se créer autrement de style original, et ces constructions en métal si fréquentes aujourd'hui, halles ou marchés, gares de chemins de fer, caractérisent, en effet, très bien la tendance démocratique de l'époque qui les a conçues. Leurs voûtes élargies, soutenues par des colonnes si grêles qu'elles restent inaperçues pour ainsi dire, franchissent des travées énormes qui auraient paru autrefois des merveilles d'audace ; l'air et la lumière y circulent à plein bord, elles sont disposées essentiellement pour recevoir les foules, et si elles n'ont pas la grandeur austère des églises du moyen âge, elles n'en conservent pas moins un caractère imposant. Le constructeur qui étudie les projets, doit donc se rappeler qu'il peut obtenir aussi des effets artistiques dans une certaine mesure, traduire une idée répondant aux besoins de son époque avec les matériaux qu'il met en œuvre, et il ne doit pas négliger de le faire, quelque soit d'ailleurs le genre de travail qu'il ait à exécuter, car ce que nous venons de dire ici des édifices métalliques serait presque aussi vrai des autres types de constructions : un appareil exécuté avec des dispositions heureuses et des formes élégantes aura toujours une valeur supérieure.

En même temps qu'il poursuit ses études purement techniques, le constructeur doit également recueillir tous les éléments nécessaires pour la détermination de son prix de revient. C'est là une chose facile quand il opère sur des appareils

d'un type courant qu'il a déjà fabriqué, il peut apprécier exactement les conditions dans lesquelles le travail va s'opérer à l'atelier, les rebuts probables, les déchets, les difficultés d'essais, le temps perdu pour préparer telle ou telle pièce de forme un peu compliquée, tous éléments qui sont susceptibles d'exercer une influence considérable sur le prix définitif. On comprend ainsi de quel secours sont les archives dans une maison déjà ancienne qui peut y trouver à chaque instant des indications précieuses et un contrôle efficace qui prévient toute erreur grave. Les grandes administrations de l'État et même les compagnies de chemins de fer donnent habituellement leurs commandes par voie d'adjudication, et ce mode de procéder qui rejette au niveau commun les maisons les plus importantes et les plus honorables avec celles qui n'ont pu encore faire leurs preuves, oblige les concurrents à consentir des prix aussi réduits que possible. On s'attache, d'autre part, par la sévérité des cahiers des charges, à empêcher les malfaçons qui pourraient résulter de ces abaissements de prix, et il y a là une question des plus importantes pour le constructeur qui doit étudier avec soin les clauses de son cahier des charges et s'assurer à quelle condition il est en état de les remplir avant de déposer sa soumission. Cette question n'aurait pas la même gravité dans les pays étrangers, surtout en Angleterre, où les cahiers des charges sont généralement moins sévères qu'en France et ne descendent pas dans des détails aussi minutieux. Dans certains cas même, aux États-Unis par exemple, ce sont les constructeurs qui imposent leurs types en quelque sorte, et les compagnies de chemins de fer, qui n'ont pas la même puissance que chez nous, commandent une locomotive d'un des quatre types classiques adoptés dans ce pays, et elles s'en servent alors, comme un industriel d'une machine qu'il achète et dont il ne cherche pas à modifier les détails. Cette manière de procéder, qui a sûrement ses inconvénients à certains égards, présente d'autre part cet avantage précieux d'assurer le remplacement immédiat des pièces avariées ; comme elles sont toutes sur le même type, il suffit d'aller au dépôt pour trouver la pièce de rechange. Pareil fait se remarque sur la plupart des machines de provenance américaine, sur les machines agricoles, par exemple, qu'on rencontre en si grand nombre aujourd'hui chez nous : toutes les pièces peuvent se détacher et se remplacer facilement en cas de besoin et elles portent chacune un numéro individuel avec le millésime de l'année de la fabrication, il suffit d'écrire au dépôt pour recevoir une pièce quelconque de rechange.

Dès que l'étude de l'appareil à construire est terminée, et que les tracés des divers organes en sont arrêtés dans des dessins de détail en vraie grandeur, ces dessins sont remis à l'atelier qui doit les exécuter. C'est là la dernière et non la moins importante partie du travail, et le constructeur doit y apporter une attention soutenue afin de surveiller continuellement son personnel, s'assurer que le travail s'opère bien dans des conditions économiques, au point de vue de l'utilisation du personnel, des machines, des déchets, des rebuts, etc., que toutes les pièces sont bien saines et soigneusement fabriquées, que les pièces coulées n'ont pas de poche intérieure, que les pièces forgées en fer, en acier ou en cuivre ne renferment pas de scories, et n'ont pas de pailles ou de criques, etc., enfin que les pièces ajustées sont bien conformes au dessin, que les trous sont bien centrés et que chacun des organes, en un mot, fonctionne bien dans les conditions prévues.

Les détails que nous donnons, d'ailleurs, dans les différentes parties de ce *Dictionnaire* nous dispensent d'entrer ici dans une étude spéciale sur ce travail d'atelier, et nous ne pouvons que renvoyer le lecteur aux mots où elle est exposée.

CONSTRUCTION. Ce terme a une acception plus ou moins étendue dans le langage usuel ; ainsi, on entend par construction en général, ou mieux par *la construction*, l'ensemble des connaissances qui sont nécessaires pour construire, c'est-à-dire pour concevoir et exécuter une œuvre de construction ; c'est ce qu'on appelle aussi l'*art de construire* ou plus exactement la *science de la construction*, qui inclut la pratique de cet art, de cette science. Dans un sens plus limité, on applique ce mot à l'objet construit, ainsi on dit couramment « une » construction, de même que l'on dit : un édifice, un monument ; avec ou sans épithète, selon que l'on caractérise ou non la chose construite, pour sa solidité, son importance, sa beauté, etc.

Le mot construction sert aussi à désigner des catégories d'œuvres construites, selon leur nature, soit que cette nature dépende de celle des matériaux employés dans l'exécution, soit de la destination même de l'œuvre. Ainsi on dit : « une » construction en bois, en pierre ou brique, en métal, fer ou fonte, etc., pour désigner des œuvres construites, dans lesquelles chacun de ces matériaux entre exclusivement ou à la presqu'exclusion des autres ; et, « la » construction en bois, pierre, ou métal, désigne l'ensemble des connaissances plus spécialement nécessaires, détachées de celles que comporte la science de la construction en général, pour l'emploi de ces matériaux. On dit aussi, selon la destination des œuvres, la *construction civile, urbaine, religieuse, militaire, navale, industrielle, rurale*, etc. ; et, dans ce cas, le mot construction est souvent employé comme synonyme d'*architecture*. Il en est de même dans le classement des œuvres par races ou nations, par époques ou régions ; ainsi sous la désignation de construction orientale ou occidentale, grecque ou romaine, ancienne, du moyen âge ou moderne, on identifie généralement l'emploi des mots *construction* et *architecture* en leur attribuant le même sens. Quoique dans le langage courant on emploie souvent et indifféremment l'un ou l'autre mot, il importe cependant, pour éviter les équivoques, de dire ici dans quel sens chacun d'eux doit être plus spécialement employé. Le mot *architecture* sert à désigner : soit l'ensemble de toutes les connaissances que comporte l'étude et l'application de

cet art, et parmi lesquelles sont incluses celles qui constituent la construction ou la science de construire ; soit les œuvres construites elles-mêmes, auxquelles cet art donne naissance, classées par nature suivant leur destination ou par époques, régions ou nationalités. Parmi les connaissances qu'exige l'art architectural, celle des besoins auxquels il doit donner satisfaction par le fait de la destination prévue de l'œuvre construite, est une des principales ; mais, comme on ne peut réaliser les dispositions destinées à satisfaire à ces besoins, que par l'emploi de moyens matériels, de matériaux, dont l'étude et le maniement dépend essentiellement de la science de construire, et de ce que parmi les autres arts, l'architecture se distingue, pour atteindre un résultat, par la prédominance de l'emploi des matériaux, par celle des conditions matérielles, il en résulte donc que parmi les connaissances qu'exige l'art architectural, celles de la science de la construction sont des plus importantes. Si la construction n'est pas toute l'architecture, son importance est telle qu'on peut dire qu'il n'y a pas de caractère architectural dans toute œuvre appartenant à cet art, si sa réalisation ne repose sur un système de construction qui y soit approprié, et de telle sorte que ce caractère soit aussi bien l'expression sensible des moyens employés pour atteindre ce résultat : la destination, que de cette destination même. L'étude des œuvres de l'architecture prouve qu'à toutes les époques ou chez tous les peuples qui ont possédé un art architectural, le caractère de ces œuvres résultait aussi bien des moyens employés, c'est-à-dire de la construction même, que de la destination.

Faire comprendre clairement, aussi bien par les dispositions et les aspects de l'ensemble, que par ceux des parties, la destination de tout ou partie d'une construction ; faire que l'usage en soit et en paraisse facile ; faire naître et vivre une impression qui soit en corrélation avec cette destination, au moyen des éléments matériels qu'on a combinés pour cet objet, sans déguiser ce qu'ils sont, constitue le problème ou mieux le programme architectural dans son sens le plus général.

De la prédominance des conditions matérielles dans la réalisation de ce programme résulte la nécessité de tenir compte de ces conditions. Or, employer les matériaux suivant leur nature et selon le milieu où ils sont mis en œuvre, les disposer de façon à réaliser les dispositions qu'exigent la destination, l'usage de l'œuvre à construire, sont les termes principaux du programme de la science de la construction, ou de *la* construction en général.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Si on considère à combien de besoins l'art architectural a eu, a, ou aura à donner satisfaction, on peut apprécier combien est vaste le champ d'application des connaissances de cet art et, par suite, de celles de la science de construire, de la construction. Palais et temples ou églises ; monuments commémoratifs — arcs de triomphe, colonnes, tombeaux, — habitations, fermes et fabriques ; fortifications, ports, ponts, aqueducs et égouts ; navires — véritables édifices flottants, — etc. ; dans l'antiquité aussi bien que de nos jours, sont autant d'objets donnant naissance, par leurs destinations indéfiniment variées, à des dispositions multiples dans les constructions. Si à cela on ajoute l'influence des milieux, du sol, du climat, où l'on construit ; la variété dans la nature des matériaux dont on dispose ; le plus ou moins d'importance ou de qualité des ressources en main-d'œuvre et en moyens de mise en œuvre ; l'intervention des conditions économiques ou de moindre dépense, etc. ; on conçoit combien les dispositions qu'on peut être conduit à employer dans la construction, sont susceptibles de variations.

On comprend facilement que le sol, le climat, la nature des matériaux, la main-d'œuvre, les moyens d'exécution, les conditions économiques aient une influence dans le choix et la détermination des éléments qui doivent entrer dans une construction. Il est donc nécessaire d'acquérir la connaissance de ce sol, climat, etc., et de montrer ici quelle peut être leur influence en matière de construction.

Cette connaissance nécessaire doit être préalable, non seulement à l'exécution, mais encore même à la conception de l'œuvre à construire. Il peut paraître naïf de dire cela, puéril d'insister sur ce point, car, sans démonstration, on comprend qu'on ne puisse édifier sur un sol sans résistance comme sur un terrain solide, sous un climat pluvieux ou froid comme dans un pays sec ou chaud, avec des matériaux durs comme avec des matériaux tendres, par l'emploi d'une main-d'œuvre défectueuse et d'engins imparfaits comme avec des ouvriers habiles et des moyens perfectionnés, en disposant de peu d'argent ou en pouvant compter sur un ample budget, etc...., et cependant, quoique ces considérations soient de celles dont on peut dire « cela va de soi », il faut toujours les rappeler, puisque malgré les enseignements de l'expérience, les déductions du raisonnement, on voit trop souvent encore de notre temps édifier des œuvres défectueuses au point de vue de la construction : Il en est, d'ailleurs, de cette ignorance des conditions auxquelles doit satisfaire l'œuvre construite, comme de l'oubli, fréquemment commis aussi, des conditions que doit remplir cette œuvre, au point de vue de son objet, de sa destination, oubli qui a pour conséquence des dispositions mal conçues pour l'usage public, pour l'usage privé, soit que les locaux offrent un accès difficile, ou une communication peu facile, soit qu'on ait mal observé les conditions d'éclairage, d'aérage ou d'abri contre les intempéries ou les variations de température, etc.

Quoi qu'il en soit, limité à la construction proprement dite, l'examen des connaissances nécessaires a ici sa place marquée.

Connaissance du sol. Elle est essentielle, puisque le défaut de solidité sous la base d'une construction peut en entraîner la ruine complète, ou parce que certaines conditions inhérentes à la

nature du sol peuvent entraîner des altérations ou des désordres graves dans les travaux exécutés. La résistance à l'enfoncement, c'est-à-dire à la descente de la construction dans le sens vertical, est une condition nécessaire. Connaissant la nature du terrain, roche, marne, sable, etc., on sait par expérience qu'un poids déterminé de construction peut être supporté par telle nature de terrain, dont on n'utilise qu'une partie de la résistance.

Si on n'a pas de données sur cette résistance, ou par l'exemple d'une construction voisine, il faut procéder expérimentalement ; mettre ce terrain à nu, en un point déterminé, par une excavation, une galerie ou un puits, ou en extraire un fragment, au moyen d'un sondage, puis soumettre ce terrain ou ce fragment à une charge d'épreuve.

Les dispositions des parties inférieures d'une construction dépendent, non seulement de ce qu'elles ont à porter, mais aussi du sol sur lequel elles reposent. Ainsi, on conçoit que si le sol est peu résistant, il faut donner une large base à ces parties, pour, en répartissant la charge sur plus de surface, avoir moins de poids par unité de cette surface ; ou que si le sol est résistant, mais placé à une grande profondeur, on cherche à diminuer la section horizontale des fondations, en vue de l'économie ; ou encore que si le sol, tout en étant à une grande profondeur; n'offre que peu de résistance — à part les moyens qui peuvent être employés pour augmenter celle-ci, — que l'on cherche à faire des constructions moins pesantes.

Le plus ou moins de résistance du sol à l'enfoncement influe, non seulement sur les dispositions et dimensions des parties inférieures d'une construction, mais encore sur celles des parties supérieures. La nécessité de connaître le sol est donc nécessaire, préalablement à l'exécution et même à la conception des travaux, et cela l'est pour les ouvrages les plus simples, comme le sont les terrassements ; ces ouvrages simples ayant une grande importance, en matière de travaux publics notamment, tels que routes et chemins de fer surtout. Ainsi on peut citer tels remblais de chemins de fer qui ont exigé jusqu'à un cube double — et plus — de celui prévu, faute d'avoir sondé le sol, ou l'ayant sondé, pour n'avoir pas réparti la charge des terres sur une surface plus grande, en augmentant le talus des terres ou en les faisant reposer sur un lit de fascines, abstraction faite de l'indication que des sondages préalables peuvent donner de la convenance qu'il y a de changer le tracé.

Dans les édifices, dont le poids est transmis à leur base, à travers les sections horizontales des parties inférieures de la construction, dont l'étendue est moindre que la surface totale construite, une grande attention est nécessaire pour éviter les tassements, qui entraînent pour le moins des dislocations dans les parties supérieures ; aussi, la détermination des fondations a-t-elle une grande importance, soit dans la fixation de leurs dispositions, soit dans les moyens employés pour consolider le sol, soit dans les procédés mis en œuvre pour l'exécution, et parmi lesquels, ceux employés dans les travaux hydrauliques présentent un si grand intérêt. — V. Fondation.

Le sol aussi peut être sujet à un glissement, après avoir été entamé par les excavations ou déblais qu'exigent les fondations d'une construction ou seulement l'exécution d'une tranchée, comme celle d'une route ou d'un chemin de fer. On comprend que si un sol perméable aux eaux repose sur une couche imperméable inclinée et que le fond d'une tranchée soit au-dessous du niveau de cette couche, il peut arriver — ce qui est arrivé, — que la partie du sol perméable située sur la haute pente de la couche imperméable se mette en mouvement vers la tranchée, quand, après des pluies, par exemple, les infiltrations ont créé entre les deux couches du terrain une surface glissante qui, inclinée, est favorable à un mouvement de translation. De là, étant prévu — par des sondages donnant la nature et l'inclinaison des couches — ce qui peut se produire, l'emploi de travaux de drainage destinés à assécher la couche supérieure et d'empêcher les infiltrations d'arriver jusqu'au sol imperméable pour y créer un lit de glissement; de là, la construction de forts murs de soutènement, destinés à s'opposer au déplacement du sol supérieur à ce lit. Dans les édifices, outre la nécessité de ne pas laisser envahir les parties inférieures par les eaux, à cause des inconvénients auxquels leur présence donne lieu, quant à l'usage et à la salubrité des locaux, on s'oppose aussi à la pénétration des eaux parce qu'elles altèrent les mortiers dans les parties inférieures, puis dans les parties supérieures, où elles arrivent par capillarité, ce qui a pour effet d'attaquer les constructions, tout ce qui y tient, comme les revêtements, et ce qui y est contenu, comme le mobilier ; on s'y oppose au moyen de drainages rejetant les eaux loin des soubassements, caves et fondations, et en revêtissant avec des enduits imperméables, tels que ceux en ciment, la face de ces parties de la construction qui est en contact avec le sol, c'est-à-dire du côté d'où vient l'humidité. Sans préjudice du soin à apporter dans le choix et l'emploi des matériaux, dans les parties inférieures des œuvres construites, il faut dire que ces précautions du drainage et d'un enduit protecteur sont trop fréquemment mises en oubli.

Un autre point auquel il faut faire attention dans l'examen du sol, c'est si sa nature n'est pas telle que, par le fait d'une excavation et du contact de l'air, ce sol soit susceptible de se décomposer, et en se décomposant, d'accroître en volume ; de se gonfler en un mot. Le gonflement de certains sols est quelquefois une force presque irrésistible, ou à laquelle il faut, pour le moins, opposer des efforts considérables. Le cas s'est présenté souvent dans le fonçage des puits de mines, et un des plus marquants est celui qui a signalé une période du percement du tunnel du Saint-Gothard ; dans cette circonstance, les efforts étaient tels que les boisages les plus puissants s'écrasaient, comme se sont écrasées successivement les voûtes épaisses destinées à les remplacer ; sauf le dernier

de ces boisages et la dernière de ces voûtes, qui ont résisté non seulement, sans doute, à cause de leurs dimensions, mais peut-être parce que le gonflement du terrain, ayant eu son développement, n'agissait plus aussi puissamment. Il importe donc, quand on est en face d'un terrain de cette nature, de l'isoler immédiatement du contact de l'air et de tout agent, tel que l'humidité par exemple, susceptible de faire naître l'effet dont nous venons de parler. Il va de soi, que si on a à se préoccuper du terrain sur la terre ferme, que là où on doit établir les constructions au fond de l'eau, rivière ou fleuve, lac ou mer, la préoccupation est d'autant plus fondée ; à cela s'ajoute la nécessité de tenir compte des courants et des crues, des vents et des marées.

Une circonstance spéciale est celle de l'instabilité même du sol, quelle que soit sa nature. Nous voulons parler du tremblement de terre. Si le proverbe qui dit « contre la force il n'y a pas de résistance » a une application, c'est bien dans ce cas ; si on peut édifier contre la mer, même avec la sécurité de la durée, on ne peut compter sur cette sécurité avec les sols soumis à l'action des tremblements de terre, quelle que soit leur origine ; aussi dans les pays où ils apparaissent plus ou moins périodiquement (la loi de leur apparition, comme de leur développement, est aussi peu connue que leur origine), lorsqu'on construit de la même façon que dans les pays à sol stable, c'est par un oubli complet de cette cause de destruction, ou avec l'illusion que la cause ne reparaîtra pas.

Mais là où l'agitation du sol reparaît souvent, avec plus ou moins de force, le souci des précautions à prendre persiste. Ces précautions sont relativement simples; elles consistent à faire des maisons peu élevées, autant que possible à rez-de-chaussée seulement, avec des murs épais (soit en pisé, en brique crue ou en brique cuite), afin que s'ils se disloquent, la base soit suffisante pour éviter un renversement. Ou bien sur un soubassement ou terre-plein, on édifie une construction légère en pan de bois dont les vides sont remplis par des briques en terre ; ou même ce pan de bois est simplement revêtu de planches sur les deux faces, ou d'un lattis que l'on calfeutre et enduit d'une sorte de torchis. Il va de soi, que les parties du pan de bois doivent être solidement reliées, ce qu'on néglige souvent de faire par ignorance ou par économie. Quelquefois le pan de bois est à deux étages, d'autres fois un étage en pan de bois surmonte une construction faite de murs au rez-de-chaussée ; on va même jusqu'à monter, en employant la brique — et alors il faut chaîner avec soin — un et deux étages dans les villes où la place manque, et dans les pays où il y a longtemps que les tremblements de terre, tout en étant permanents (on s'y habitue), n'ont produit d'effets terribles. Les édifices en pierre de taille, sur ces sortes de sols agités sont un cas absolument exceptionnel, ce genre de construction ne présentant pas un ensemble lié en même temps que doué d'une certaine élasticité, comme ceux signalés plus haut.

En résumé, dans un pays à tremblements de terre, on doit construire en vue de résister seulement à des oscillations douces ou à de faibles soulèvements; contre des mouvements plus marqués, plus brusques soit dans le sens vertical, soit dans le sens horizontal, il n'y a pas de résistance absolue possible, il y a toujours des désordres plus ou moins graves.

Connaissance du climat. A ce point de vue, un pays peut présenter un ou plusieurs des caractères suivants : chaud, froid, neigeux, pluvieux; venteux. Ainsi les contrées qui se rapprochent des pôles, tout en s'étendant à une certaine distance de ceux-ci, sont généralement froids et neigeux ; celles qui sont situées vers les tropiques et l'équateur sont plus particulièrement chaudes ; les régions intermédiaires, constituant les pays tempérés, participent généralement de la chaleur et du froid, mais à un degré moindre que dans les zones vouées à l'une de ces températures extrêmes. Enfin, selon la position d'un pays par rapport à la mer et aux reliefs du sol — les montagnes, — et par rapport aussi à certaines particularités naturelles, telles que l'existence de forêts ou de déserts, et étant donnée la direction des vents ainsi que leur plus ou moins grande persistance dans cette direction, — ce qui caractérise les vents régnants qui apportent les nuages avec eux, — un pays sera plus ou moins pluvieux.

Quel que soit le climat, il y a toujours des hommes qui l'habitent, et des constructions qui les abritent en masse ou isolément. De même que la nourriture, le vêtement, sont en rapport avec le climat, les constructions elles-mêmes doivent présenter des dispositions qui permettent de s'abriter contre les inconvénients de ce climat ou de profiter des avantages qu'il peut présenter. On conçoit qu'il faut que les parois soient constituées de telle sorte qu'elles mettent autant que possible les intérieurs à l'abri des températures extrêmes et de leurs variations brusques, celles dont on souffre le plus ; qu'il faut que ces parois soient assez rigides, résistantes, comme l'ensemble de la construction d'ailleurs, pour résister à la pression du vent qui tend à les faire fléchir, à renverser ; qu'il faut que le toit qui recevra aussi l'action du vent comme les parois, et pourra être soumis à celle due à la chute des pluies torrentielles ou au poids des neiges, présente une résistance déterminée; qu'il faut que les éléments de la construction soient disposés de telle façon et constitués de matériaux tels, qu'ils résistent : à l'action destructive du chaud ou du froid, par le fait de déformations ou de dislocations dues à la dilatation ou à la contraction, à l'action du vent, de l'eau, de la gelée qui ont, à des degrés divers, un pouvoir désagrégeant.

S'il faut donc qu'une construction édifiée dans un pays quelconque le soit en vue de protéger ceux qui l'habitent contre les intempéries, les variations extrêmes ou brusques du climat, et en vue aussi de résister par elle-même — comme les constructions qui ne sont point destinées à l'habitation, tels que certains travaux publics : ponts, aqueducs, égouts, etc., — à ces mêmes

intempéries et à ces agents qui constituent le climat, il en résulte que la connaissance du climat est absolument indispensable au constructeur.

C'est faute de cette connaissance, ou pour n'avoir pas tenu compte des conditions qui s'en déduisent pour trouver leur application dans l'art de construire, que même dans des pays tempérés, c'est-à-dire à températures non extrêmes et sans variations brusques, et où les intempéries n'ont pas un caractère rigoureux, excessif, comme dans d'autres régions, on trouve souvent des constructions mal conçues, mal orientées, où l'on est ni à l'abri du froid en hiver, du chaud en été, et de la pluie chassée par les vents régnants.

Connaissance des matériaux. Si les connaissances que comporte la science de construire sont des plus importantes parmi celles qu'embrasse l'art architectural, la connaissance même des matériaux est, dans la science de construire, la plus importante, car c'est avec ces matériaux que l'on construit, que la conception du constructeur, architecte ou ingénieur, prend un corps, devient une réalité qui a pour objet de répondre à une destination déterminée.

Les matériaux dont on fait emploi en construction sont en nombre considérable, mais l'étude de leurs caractères, en ce qu'ils ont d'intéressant pour le constructeur peut se diviser en deux groupes principaux, celui qui comprend les caractères physiques, celui qui renferme les caractères chimiques ; et ce sont ces caractères qui donneront la mesure de la résistance de ces matériaux aux agents physiques ou chimiques, dont l'action tend à les désagréger ou à les décomposer.

Au point de vue des caractères physiques, les matériaux employés dans la construction peuvent être divisés en deux sous-groupes principaux : ceux qui sont aptes aux résistances mécaniques, comme la stabilité, la compression, la traction, l'usure, etc. ; ceux qui sont aptes à résister à l'action du chaud, du froid, de l'électricité, du son, etc.

Ce qui caractérise le plus généralement les matériaux qui entrent dans le corps des parties principales d'une construction, c'est leur poids ; or, comme ce poids est variable pour chaque nature de matériaux, comme la détermination des moyens de transports et de mise en œuvre y est liée, comme il entre dans les calculs de la stabilité, il importe de bien le connaître. Telle combinaison de construction qui n'est pas réalisable, malgré tous ses autres avantages, avec des matériaux lourds, peut le devenir avec des matériaux légers. Ainsi on réduit la poussée d'une voûte, le poids d'un plancher, en employant des briques en remplissage au lieu de pierre, et mieux des briques creuses au lieu de briques pleines. De même, l'emploi de matériaux de grande dimension, et par suite pesants, d'où un transport et une mise en œuvre difficiles, sinon quelquefois impossibles, doit être abandonné souvent, surtout quand la condition d'économie est impérieuse, et on doit les remplacer par des matériaux d'un volume, d'un poids réduit, et baser les dispositions de la construction sur cet emploi. Il est certains cas au contraire, ou en vue d'augmenter la stabilité on emploiera des matériaux lourds.

Les matériaux, dans une construction, par le fait de leur superposition, ont à supporter leur propre poids, plus celui des matériaux disposés au-dessus d'eux, augmenté des charges permanentes ou accidentelles, telles que le dépôt de marchandises, la permanence ou la circulation des personnes, etc.; en un mot tous les efforts extérieurs à ces matériaux, mais agissant sur eux pour les surcharger, pour les comprimer, les écraser ; il faut donc que la résistance à la compression de chacun des matériaux dont on peut faire l'emploi soit bien connue.

La connaissance de cette *résistance,* d'une part, et celle des effets auxquels les matériaux sont soumis, permet de déterminer leurs dimensions et d'apprécier ainsi si l'on a avantage à rester dans le choix qu'on a fait d'une certaine matière, ou à en changer. Ainsi, si l'on reconnaît qu'une pile de pierre peu dure occupe un emplacement trop grand, on emploiera une pile en pierre plus dure ou très dure ; mieux encore, si on a des charges considérables à supporter et si la condition de prendre le moins de place possible est imposée, on fera appel à la fonte, dont la résistance à la compression est la plus considérable parmi les matériaux employés dans les constructions.

Les matériaux sont soumis aussi à des efforts de *traction,* c'est-à-dire qui tendent à séparer, à rompre les parties en les distendant ; certains éléments constitutifs des fermes de comble, les câbles et tiges de suspension des ponts suspendus, etc., sont soumis à la traction : pour résister à cette nature d'efforts, le bois a été autrefois exclusivement employé ; à l'époque actuelle, le fer le remplace presque partout, et sa capacité de résistance est telle que la construction de certains ouvrages aurait été impossible sans son emploi.

D'autres éléments constitutifs des constructions sont soumis en même temps à la traction dans certaines de leurs parties, et à la compression dans les autres ; les éléments qui sont soumis à ces deux efforts doivent résister à ce que l'on appelle la *flexion,* dont l'effet est d'infléchir les pièces; c'est-à-dire de substituer une forme courbe à une forme droite. Pour résister à la flexion, c'est le bois qui autrefois a été exclusivement employé, notamment dans les planchers ; aujourd'hui, le fer s'y est presque partout substitué, avec les mêmes conséquences que dans le travail à la traction, c'est-à-dire en rendant possible des constructions gigantesques, telles que les grands viaducs, irréalisables autrement. La pierre est impropre à travailler à la flexion ; la fonte aussi, mais peut cependant être employée pour des pièces de petites dimensions, qui ne soient pas considérablement surchargées.

La compacité, la cohésion, la dureté des matériaux sont aussi très importantes à connaître, puisque ces matériaux sont soumis à des chocs, à l'usure, dans les parties des constructions qui sont en contact permanent avec les individus et les choses qu'ils manient. Ainsi les marches d'es-

calier, les vestibules, les soubassements ou socles, devront être en matériaux durs. Cependant, si des matériaux compacts sont préférables dans certaines parties d'une construction, pour faire obstacle au passage de l'humidité, par exemple, dans d'autres on préfère des matériaux poreux qui prennent mieux le mortier; de même, l'emploi des matériaux durs est limité, car le travail en est difficile, par suite long, et conséquemment coûteux. Les matériaux, en construction, sont surtout choisis en vue de leur peu de conductibilité, afin de mettre les locaux habités à l'abri du chaud ou du froid; à cet égard et pour constituer les parois des édifices, la pierre, la brique, le bois sont d'excellents matériaux. Le fer et la fonte donneraient pour cet objet un mauvais résultat, d'ailleurs on les emploie non pour constituer des parois, mais en pièces résistantes, poutres ou colonnes; toutefois, de ce fait qu'ils sont bons conducteurs et susceptibles de se dilater ou de se contracter, leur emploi demande certaines précautions, pour que les effets de la dilatation et de la contraction, qu'on n'a pas à craindre avec l'emploi de la pierre, de la brique, des bois, n'aient pas pour résultat de déterminer des mouvements de dislocation, de renversement dans les constructions. — V. CONDUCTEUR (Corps), CONDUCTIBILITÉ.

Les matériaux mauvais conducteurs de la chaleur le sont en général au même degré de l'électricité; à ce point de vue, il est bon de connaître le degré de conductibilité en vue de mettre les constructions à l'abri de la foudre.

La sonorité des matériaux doit être connue aussi, selon que l'on veut isoler tout ou partie des locaux des vibrations sonores et faire servir ou non les dispositions de ces locaux à la transmission ou à l'extinction de ces vibrations.

Si les matériaux doivent être choisis en raison de ce qu'ils ne conservent pas l'humidité, ou mieux parce qu'ils n'absorbent pas l'eau, ce qui, par exemple, est essentiel pour les toitures, les dallages des cours et des chaussées, les éviers, etc., à plus forte raison, doit-on éviter l'emploi des matériaux solubles en tout ou même en partie; cela est absolu évidemment pour les travaux hydrauliques de toute nature.

Il est nécessaire aussi de connaître la couleur des matériaux, la permanence et la solidité plus ou moins grande de cette couleur, pour les enduits ou les couches de peinture dont l'objet principal, avant de servir comme décoration, est d'être une protection pour les matériaux qu'elles revêtissent, en les mettant à l'abri de l'air ou de l'eau, et de protéger les individus eux-mêmes du contact de ceux de ces matériaux susceptibles de se désagréger ou de tacher par le simple frottement.

Actions chimiques. Les matériaux peuvent être soumis non seulement à des actions purement physiques ou à des forces mécaniques, comme il vient d'être dit, mais aussi à l'influence des actions chimiques, c'est-à-dire à ce genre de forces naturelles, nées du contact des corps les uns avec les autres, et qui tendent en les décomposant à les transformer en d'autres corps. Ainsi certains matériaux se décomposent, sous l'action de l'air, de l'humidité ou de l'eau, soit douce, soit salée; tels schistes se modifient et se désagrègent par l'action de l'air humide — or, on sait que les ardoises et certains revêtements sont des schistes; — tels mortiers restent inconsistants, se dissolvent ou entrent en décomposition sous l'influence de l'humidité, et dans l'eau des rivières ou des mers — on connaît l'importance considérable qu'ont les mortiers dans tous les travaux et surtout dans les ouvrages hydrauliques. — Enfin, sous l'action même de certains agents physiques, mais très développée, telle que peut l'être celle de la chaleur, les matériaux peuvent être chimiquement altérés, décomposés; ainsi les calcaires se transforment en chaux, les bois se consument, les métaux rougissent et se déforment ou fondent, de là, la nécessité dans les constructions de connaître aussi bien l'influence qu'ont les actions chimiques que les actions physiques sur les matériaux, afin d'employer des dispositions qui les mettent à l'abri de ces actions en ce qu'elles ont de nuisible, à la conservation, à la stabilité, à la durée des œuvres construites.

Main-d'œuvre et moyens d'exécution. La conception des dispositions d'une construction doit être précédée de la connaissance des ressources sur lesquelles on peut compter en main-d'œuvre, en moyens d'exécution, soit que l'on exécute soi-même, soit que l'on fasse exécuter.

Quelles que soient les ressources qu'on ait en matériaux comme qualité, quantité, dimension, qu'importe si on n'a pas les ouvriers capables de les travailler, de les mettre en œuvre dans les formes projetées, qu'importe si on ne peut les transporter et si on n'a pas de moyens assez puissants pour les disposer en place, ou si on ne peut le faire facilement ou économiquement. Ainsi telle voûte qui sera possible avec certains matériaux, en employant des mortiers déterminés et à la condition que les éléments en soient parfaitement taillés, ne le sera pas si les mortiers sont de mauvaise qualité et si les ouvriers n'ont pas suffisamment d'habileté. Si cependant on n'en a pas d'autres, il faut donc modifier cette voûte; mieux il faut prévoir comment on peut la faire. Ce qui précède ne veut pas dire qu'il faut compter seulement sur les ressources connues, existantes, quoique ce soit le cas pour nombre de travaux; car, pour certaines œuvres, surtout pour celles qui ont un caractère spécial ou une grande importance, on est conduit ou à former des ouvriers aptes à certaines opérations — ainsi dans les fondations à air comprimé, dans le percement des tunnels, etc., — ou à créer un matériel spécial — ainsi les machines à percer les tunnels, les appareils à déblayer — dragues ou excavateurs, — les chambres de fondation par l'air comprimé, etc.; — mais que ce soit à des ressources connues ou à de nouvelles qu'on fasse appel, il n'en faut pas moins prévoir les constructions en raison de ce que peuvent produire ces ressources.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES DES CONSTRUCTIONS. Etant donnés, d'une part, la destination, l'usage,

auxquels doit satisfaire tant dans son ensemble que dans ses parties, toute construction, et d'autre part des matériaux pour la réaliser dans un milieu connu, avec des conditions déterminées, il résulte de là un certain nombre de dispositions générales, qui constituent principalement le corps, le gros-œuvre de la construction, et auxquelles viennent s'ajouter un certain nombre de dispositions complémentaires, de menues œuvres, destinées soit à un emploi spécial, soit à assurer ou à concourir à l'usage de l'œuvre entière. Selon la destination des constructions, ces dispositions — ou principales, ou complémentaires — ont plus ou moins, ou ne trouvent pas leur application. Ainsi certaines dispositions seront appliquées avec plus d'extension, soit dans les constructions destinées à recevoir un grand nombre d'individus, soit pour celles d'un usage limité à peu de personnes comme dans l'habitation proprement dite, etc., soit à celles dont la destination est qualifiée par le nom de *travaux publics*.

L'énumération en est longue, de toutes les constructions par destination, même prises seulement dans leur ensemble, et combien cette énumération serait plus longue encore si on l'étendait ici au détail, aux aménagements de ces constructions.

L'examen des dispositions générales des constructions, étant l'objet d'articles spéciaux dans le *Dictionnaire*, nous n'avons pas à nous y arrêter ici, autrement que pour examiner comment sont composés ces éléments matériels, puisque ces dispositions sont réalisées avec des matériaux.

Malgré la multiplicité apparente que peuvent prendre dans leur forme générale les constructions, leurs dispositions, quant à l'ensemble, sont constituées par un certain nombre de parties, soit employées isolément, soit combinées, groupées en vue du résultat à atteindre; ce sont ces parties que l'on désigne sous le nom d'éléments constitutifs des constructions. Quels sont ces éléments? c'est ce que l'exposé qui suit va spécifier.

ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DES CONSTRUCTIONS. Quand on examine les diverses parties d'une construction, simple ou complexe, on voit que chacune d'elles a un rôle déterminé, et qu'elle remplit ce rôle à certaines conditions; l'étude de chacune de ces parties sera faite ici, seulement à un point de vue général, par ce qui les caractérise dans l'ensemble de leurs formes ou dispositions et par les conditions principales qu'elles ont à remplir. De même que la construction dans son ensemble est formée de la réunion de diverses de ces parties, de même ces parties sont généralement composées par la réunion de plusieurs morceaux ou pièces de matériaux, ou uniques ou divers, de formes déterminées et convenablement disposés les uns par rapport aux autres, en raison de la nature de ces matériaux et en vue de l'objet à remplir. Ce sont ces parties, éléments constitutifs des constructions quant au gros œuvre d'une part, et quant à leur aménagement d'autre part, dont l'examen qui suit expose les caractères principaux.

Plates-formes, *aires*, *chaussées*, *pavages*, *dallages*, etc. De toutes les parties d'une œuvre construite, et quelquefois seule, elle est toute la construction, celle qui se présente sous l'apparence la plus simple, consiste en un sol, plan ou cintré, horizontal ou incliné, selon les cas, sur lequel peuvent circuler des personnes, des véhicules. Dans ce sol on peut distinguer la partie qui est en contact immédiat avec les objets en circulation, c'est-à-dire qui est soumise à l'action des intempéries, telle que celle de l'eau, et à l'action des objets en circulation, à l'usure. Il faut donc que ces plates-formes soient établies avec des matériaux tels qu'ils ne se désagrègent pas, ou le moins possible sous ces actions, et de façon à ce que l'action produite ait un effet régulier sur la surface; à ce dernier point de vue il faut que ce sol soit stable, c'est-à-dire qu'il conserve la forme qui lui a été donnée dès le principe, qu'il ne s'enfonce pas, en un mot, soit dans son ensemble, soit dans ses parties. Ce n'est pas le lieu ici de décrire par le menu comment on établit les diverses natures de sol: celui de la plate-forme du chemin de fer ou de la route, celui des locaux habités soumis ou non à des lavages, celui des cours ou des rues, etc., puisque l'étude en sera faite, à la place alphabétique de chaque mot, pour chaque objet; ce qu'il importe de dire c'est qu'en dehors de la destination propre de chaque sol, ce qui les caractérise en général et doit les caractériser, est la résistance à l'enfoncement, c'est-à-dire à des efforts uniquement verticaux, dus beaucoup moins à leur propre poids, qu'aux charges qu'ils peuvent avoir à supporter. Comme ces sols proprement dits, ne sont presqu'une surface, comme construction, vu leur peu d'épaisseur par rapport à cette surface, il en résulte que si c'est le sol supérieur qui doit résister aux actions destructives que peut produire le passage des charges, c'est le sous-sol même qui doit ne pas s'enfoncer; de là, dans ce genre de constructions, le soin apporté au choix des matériaux en vue de répartir les efforts reçus sur les parties dures du sol supérieur, sur les parties moins résistantes du sol inférieur; de là, par exemple, dans l'établissement des chaussées, le choix du sable, sous le pavage, comme répartissant les efforts sur une grande surface. Dans les remblais de chemins de fer, où la partie inférieure de la construction, au-dessous du ballast qui reçoit la voie, le terrassement proprement dit atteint une grande hauteur, la répartition à travers ces terres, puis sur le sol naturel s'opère par le fait de l'existence du talus qu'elles prennent en exécution; talus que l'on augmente quand le terrain sur lequel elles reposent, présente une résistance insuffisante.

Clôtures, *murs*, *grillages*, etc. Un genre de constructions, simple encore en principe et par son objet, est celui dont la destination est de clore ou de diviser des terrains des locaux. Dans ce genre de travaux, l'œuvre ne doit résister à d'autre effort vertical, qu'à celui résultant de son propre poids; ce n'est qu'en dénaturant la destination de l'objet qu'il pourra être soumis à une surcharge s'exerçant de haut en bas; les efforts auxquels un mur de clôture, par exemple, aura à résister seront l'action du vent ou des chocs latéraux. C'est aussi bien en vue de clore d'une façon efficace, soit par

une construction pleine, soit par un travail à claire-voie, qu'afin de résister aux efforts latéraux spécifiés ci-dessus que les clôtures doivent être étudiées.

Murs de revêtement, perrés, etc. Ce genre de travaux est destiné à abriter les terres du contact de l'air, de l'eau, pour en empêcher soit la décomposition, soit la désagrégation et l'entraînement; ils trouvent leur application dans les tranchées de chemin de fer, sur les remblais de ces ouvrages dans les parties qui peuvent être baignées par les eaux, dans les canaux, les cours d'eau, etc.; où ces applications prennent la forme d'un revêtissement des talus. Ce sont là des constructions généralement très simples dans leurs dispositions; comme elles reposent sur le corps des terres qu'elles sont destinées à protéger, si ces terres ne s'affaissent pas, leur stabilité est assurée, à la condition que les parties basses soient bien fondées, et que chaque partie empêche le glissement de celle qui est au-dessus. Comme c'est la tendance au glissement qu'il y a le plus à craindre dans ce genre de travaux, par ce fait que pour avoir moins de talus à revêtir (comme moins de terrassements à exécuter) on couche ce talus le moins possible, c'est donc contre cette tendance qu'il faut prévoir la résistance de l'œuvre.

Murs de réservoir ou de retenue d'eau, de soutènement, d'écluses, de quais, barrages, digues, levées, etc. Sous ces désignations diverses, sont renfermés des éléments de construction, plus ou moins variés, dans leur forme, dans leur composition, dans la disposition des matériaux qui les composent, murs ou terrassements; éléments qui sont généralement toute la construction elle-même, sans autres accessoires, ou auprès de laquelle ces accessoires ont ou paraissent avoir peu d'importance. Ce qui caractérise la fonction de ces éléments, de ces constructions, c'est qu'ils ont pour objet principal de résister à des efforts permanents, qui tendent à les faire glisser et à les renverser; tantôt ces efforts sont horizontaux, tantôt ils sont plus ou moins inclinés, dirigés de haut en bas. Ainsi les murs qui constituent le périmètre d'un réservoir d'eau douce destinée à l'alimentation, ceux qui barrent une vallée de façon à constituer une retenue d'eau pour l'irrigation, l'alimentation d'un canal, etc., sont soumis (en outre toujours de l'action de la pesanteur) principalement à des efforts horizontaux déterminés par la pression de l'eau. Les murs qui sont destinés à soutenir les terres pour les empêcher de s'ébouler, et dits *de soutènement*, sont soumis à des efforts latéraux, plus ou moins obliques, selon le moins ou plus de cohésion des terres et selon qu'elles sont ou non imprégnées d'eau, ou reposent sur des couches imperméables sur lesquelles elles peuvent glisser. Pour les murs d'écluse, de quais, les efforts, au lieu de s'exercer d'un seul côté, comme dans les cas précédents, agissent sur les deux faces; sur l'une on a la pression des terres, sur l'autre est la pression de l'eau, et selon que l'une des pressions prédomine sur l'autre, l'effort au renversement existe vers l'un ou l'autre côté du mur. S'il s'agit de barrages, il y a pression des eaux sur les deux faces, mais plus sur l'une que sur l'autre. Dans les levées, comme celles établies contre les inondations, l'action de l'eau s'exerce sur un des côtés. Pour les digues, les jetées, en pleine mer, destinées à abriter une rade, un port, ou à diriger les navires par une entrée abritée, la pression en temps calme est la même sur les deux faces des ouvrages, mais quand la mer est chassée ou soulevée par le vent, les lames développent des actions horizontales, des chocs en raison de la résistance qu'elles rencontrent, qui atteignent souvent une intensité considérable; la nécessité de constituer ces ouvrages avec des blocs de matériaux pesant 25, 50, 100 et même 150 tonnes, et plus, donne la mesure de ces efforts. Ainsi dans les groupes de travaux que nous venons d'énumérer, c'est toujours à des efforts latéraux, agissant sur l'une ou l'autre des deux faces des ouvrages, et soit d'une façon permanente ou par chocs, que ces ouvrages doivent résister. Des massifs de construction ou des murs d'une épaisseur réglée, et servant soit de culées, soit de supports à une hauteur déterminée, à une superstructure exerçant une poussée — et telle que l'exercent des voûtes, des combles cintrés — sont aussi soumis, outre à l'action verticale de leur propre poids et de celle de la superstructure à l'action oblique qu'elle exerce en raison de sa forme et de sa disposition.

Murs portant combles sans poussée, planchers, etc. Dans cette partie des constructions, les efforts dus à leur propre poids et à celui des superstructures, sont transmis verticalement ou sensiblement, à travers ces constructions mêmes. Les murs qui ont pour rôle de clore périmétriquement ou de diviser les constructions, ont donc pour fonction de porter les parties en superstructure qui leur servent d'abri soit au rez-de-chaussée, soit à l'étage supérieur, et qu'on appelle *combles*, ou de porter celles de ces parties désignées sous le nom de *planchers*, et qui servent à diviser la hauteur d'un édifice, de façon à constituer plusieurs sols utilisables, plusieurs étages. Quelquefois au lieu de planchers ce sont des voûtes, comme il a été dit plus haut, et dans le cas où ces voûtes sont disposées symétriquement, leur action sur certains des murs se traduit par des efforts verticaux, comme s'ils avaient des planchers à porter.

Points d'appui, poteaux, colonnes, piles, etc. Souvent, dans les constructions, au lieu d'avoir des murs continus, pour supporter combles, planchers ou voûtes, on a des éléments de construction de dimensions plus ou moins réduites horizontalement, par rapport à leur hauteur, et qui servent à supporter la superstructure, au moyen de certaines dispositions intermédiaires, permettant de reporter les charges sur ces éléments, qui sont des points, des surfaces d'appui isolées, limitées, par contraste avec les murs qui présentent des appuis continus, étendus.

De l'emploi de ces éléments, poteaux, colonnes et pilastres, piles ou piliers, résultent de grandes facilités pour avoir dans les constructions, celle des édifices, par exemple, de vastes locaux propres

à recevoir des foules, où la circulation soit aisée, qu'on peut mettre en communication facile, aérer et éclairer largement.

Ces éléments sont soumis à des efforts de compression, nécessairement verticaux ou sensiblement verticaux ; s'il en était autrement, étant données les dimensions relativement réduites de leur section horizontale par rapport à leur hauteur, ce qui limite leur stabilité, ils seraient facilement renversables et susceptibles de se déformer en fléchissant verticalement.

Outre l'application des points d'appui, sous forme de poteaux, colonnes, etc., dans les édifices, on doit citer ici les piles des grands viaducs.

Parmi les constructions à dimensions horizontales réduites par rapport à leur hauteur, mais qui ne portent rien ou peu de chose comme surcharge, on peut signaler les colonnes commémoratives, les grandes cheminées d'usine, les phares — en écartant ici ceux dont les tours ont de grandes dimensions et présentent la combinaison de divers éléments de construction ; — ces diverses constructions ont surtout à résister à l'action du vent, qui tend à leur renversement, et détermine pour le moins des oscillations sensibles.

Linteaux, poitraux, solives, poutres, etc. Parmi les dispositions les plus simples que l'on puisse employer pour franchir un vide, en s'appuyant sur des supports verticaux naturels ou construits, et de façon à créer des éléments de résistance au-dessus de ce vide, c'est-à-dire pouvant porter des charges, de même que des murs ou des points d'appui, l'emploi de matériaux droits, plus ou moins longs par rapport à leur section, et disposés horizontalement dans le sens de la longueur, est des plus fréquents. Le linteau, sorte de traverse posée à certaine hauteur d'une baie, porte ou fenêtre, et la limitant à la partie supérieure en portant la superstructure au-dessus du vide créé dans un mur par cette baie, en vue d'établir une communication et de donner passage à l'air ou à la lumière, le linteau est en ce sens un élément de construction des plus simples. Le poitrail a le même objet, il se distingue du linteau, par ses plus grandes dimensions : en raison des charges qu'il a à supporter, en raison de sa longueur et de sa position, qui est à l'étage inférieur des édifices au rez-de-chaussée, — cet élément a une grande importance, aussi la détermination de ses dimensions, de ses dispositions, de son assiette, doit-elle être l'objet d'une grande attention. Il en est de même pour l'emploi des grandes parties droites qui entrent dans la construction des ponts, des viaducs.

Quand il est nécessaire d'avoir une plate-forme, un sol, pour la circulation des personnes, pour le dépôt d'objets, etc., au-dessus d'un espace vide, d'un étage inférieur à celui que l'on veut créer, il y a plusieurs moyens de supporter ce sol, cette plate-forme, et à part la constitution propre de ces sols, ces moyens consistent dans l'emploi de matériaux plus longs que larges ou épais, et souvent de beaucoup, juxtaposés — comme le seraient de grandes dalles — ou disposés à des intervalles déterminés comblés par des remplissages — comme le sont les solives d'un plancher ; ces éléments reposent, par leurs extrémités, sur les parties inférieures de la construction préparées pour leur servir d'appui. Ce qui caractérise, dans l'œuvre construite, la fonction de ces éléments, linteaux, poitraux, poutres, dalles, solives, posés horizontalement, dont la longueur prédomine sur les autres dimensions qui constituent une section uniforme, c'est qu'ils sont soumis, sous l'action de leur propre poids et des surcharges, à un travail mécanique connu sous le nom de *flexion*, qui tend à les infléchir naturellement de haut en bas ; or, pour qu'il y ait stabilité, il ne faut pas qu'il y ait flexion, du moins au-delà de certaines limites déterminées, qui sont fixées par la condition que la flexion n'altère pas la matière, son élasticité, c'est-à-dire que cette flexion disparaisse avec l'effet qui l'a produit. Dans le travail, la résistance à la flexion, certaines parties des pièces sont soumises à la *traction*, les autres à la *compression*. Ce mode de travail détermine, en construction, le choix à faire comme matériaux pour constituer les éléments dont nous venons de parler ; la pierre et même la fonte sont impropres au delà de certaines dimensions en longueur des pièces, à résister à la flexion ; le bois et surtout le fer sont très aptes à cette résistance.

Arcs et voûtes. D'autres fois, pour franchir un vide, on emploie les matériaux en les disposant le plus généralement suivant une forme cintrée, soit en demi-cercle ou en arc de circonférence, soit avec deux arcs formant ogive ; moins souvent, soit en demi-ellipse, soit en anse de panier ; plus rarement, en parabole.

Ainsi, pour former la partie supérieure d'une baie, porte ou fenêtre, ouverte dans un mur, on emploiera une disposition en arc ou en plein cintre, en arcade, ou bien, si on veut, tout en conservant de la hauteur à la baie, diminuer les poussées sur les points d'appui, l'emploi de l'ogive, formée, comme on sait, de deux arcs, sera indiqué ; car ce qui caractérise l'emploi des formes cintrées, est la poussée exercée par les matériaux qui les constituent, et à laquelle il faut faire équilibre par des efforts opposés pour avoir une construction stable. Cette caractéristique est aussi celle des voûtes continues qu'on emploie pour clore, dans leur partie supérieure, des locaux plus ou moins vastes. Sur ces voûtes, garnies de remplissages, on peut établir le sol d'un étage supérieur. Certaines constructions présentent ainsi des étages voûtés superposés. La voûte joue aussi un rôle important dans la construction des ponts et viaducs.

Dans l'arc, dans la voûte, les matériaux sont soumis à la compression, et c'est ce genre d'effort qui, transmis obliquement aux appuis, tend à les écraser, à les renverser, si leurs dimensions ne sont pas suffisantes. Or, le travail à la compression est essentiellement propre à l'emploi de la pierre, de la brique ; de là l'emploi si répandu de ces matériaux dans les constructions où les formes cintrées de l'arc et de la voûte sont employées.

La fonte, tout en étant apte à résister à la com-

pression, a un emploi plus limité sous forme d'arc dans les édifices; dans les ponts de routes, qui ne sont pas soumis à des vibrations, elle trouve son emploi; le fer est presque aussi apte à résister à la compression qu'à la traction, et comme il résiste mieux aux vibrations que la fonte, son emploi dans les constructions en arc est très étendu.

Systèmes à suspension. Dans la construction des édifices, l'emploi des systèmes à suspension, dont le pont suspendu est la caractéristique, n'a pas eu encore d'applications, quoique des combles suspendus aient été inventés pour franchir de grandes portées, pour couvrir de vastes espaces. Le pont suspendu, qui a été trés répandu, qui était tombé en défaveur, et auquel on revient dans la pratique actuellement, est caractérisé par l'emploi du fer dans les conditions les plus favorables à son emploi, car câbles et tiges de suspension travaillent à la traction, et comme dans tous les points, les efforts pour les câbles et ceux pour les tiges sont constants, il en résulte une section constante, d'où une construction simple.

Combles, poutres armées, etc. Sauf certains combles disposés en arc et travaillant à la compression uniquement, cette compression n'étant pas combattue par les dispositions du comble, mais transmise aux appuis; sauf certains autres, formés de poutres droites, mais dont l'emploi est rare, et qui travaillent à la flexion dans leurs éléments principaux, les combles — partie des constructions destinée à former un abri au-dessous d'elles — sont formés de sortes de poutres armées appelées *fermes,* en désignant ici comme poutres armées tout système composé d'éléments dont les uns travaillent à la compression et les autres à la traction, de telle sorte que ces efforts se fassent équilibre dans le système même, afin de ne transmettre aux appuis que des efforts verticaux.

Tunnels et égouts, galeries souterraines et de mines. Dans ce genre de constructions, la forme est généralement circulaire, ou ovoïde, ou partie courbe et partie droite; et selon la nature du sol traversé, l'ouvrage est soumis à des efforts de compression, sur tout ou partie du périmètre, en haut, en bas ou sur les côtés, selon le degré de consistance de ce sol au voisinage de ces parties. Souvent les galeries de mines, au lieu d'avoir une forme courbe, ont une section trapézoïdale, en raison de l'emploi du bois, qui est suffisant pour certaines sections réduites, et dans les cas où le sol n'exerce pas des efforts de compression considérables.

Puits. Ce qui distingue cette espèce de travaux des précédents, c'est qu'au lieu d'avoir une direction générale horizontale ou peu inclinée, ils ont généralement une direction verticale ou s'en écartant peu; ils sont soumis aux mêmes efforts de compression extérieure que les tunnels, égouts, galeries; leur forme, pour y résister, est généralement circulaire, quelquefois ellipsoïde, et, dans certains cas où les efforts à la compression sont limités, carrés ou rectangulaires, comme le comporte l'emploi du bois.

Eléments divers. En outre des éléments, qui isolément ou groupés et combinés, constituent le corps même, le gros-œuvre des constructions, ce qui en est la partie essentielle, c'est-à-dire sans laquelle la construction n'existerait pas, il en est un certain nombre qui sont liés à l'œuvre même, qui se construisent avec elle, et dont l'objet, la destination paraît avoir plus d'importance que le problème de leur exécution proprement dite, quoique cette exécution ne soit pas sans présenter quelquefois certaines difficultés. Ainsi, par exemple, l'étude, la construction des escaliers est certainement une partie importante du programme qu'on a à remplir en construisant, on sait combien les dispositions de cet organe essentiel des édifices à plusieurs étages, ou à rez-de-chaussée surélevé au-dessus du sol — alors l'escalier devient un perron — demandent à être étudiées avec soin, en vue de faciliter une ascension et une descente faciles; en outre, l'exécution même demande beaucoup de soin. La construction des cheminées, surtout de celles qui sont liées par leurs dispositions au gros-œuvre, l'établissement des émissaires de la fumée, tuyaux et souches, demande aussi des précautions spéciales que le constructeur de doit pas négliger, et dont l'objet principal est d'isoler du foyer et des conduits de fumée les parties combustibles de la construction, aussi bien que celles susceptibles d'être altérées, décomposées par la chaleur.

DISPOSITIONS COMPLÉMENTAIRES DES CONSTRUCTIONS. On désigne ainsi toutes les dispositions qui ont pour objet, en complétant le gros-œuvre, d'assurer l'usage commode de l'ensemble et des parties de la construction, selon la destination qui en a été prévue; on ne parle pas ici des aménagements mobiles, du mobilier, qui doivent cependant être conçus, exécutés, disposés conformément au programme de la destination, mais des aménagements fixes, établis à demeure, dont certains sont désignés aussi sous le nom d'*immeubles par destination.*

RÉSUMÉ. CONSIDÉRATIONS D'ENSEMBLE ET HISTORIQUES. CONCLUSIONS SUR LA CONSTRUCTION EN GÉNÉRAL. Si on résume ce qui a été exposé dans tout ce qui précède sur ce que comporte la science de construire, et qui est la conséquence des nécessités, auxquelles par son objet elle doit satisfaire, on voit que cette science exige des connaissances multiples : sol, climat, nature des matériaux, etc., et celle des éléments des constructions constitués par ces matériaux. De ce qui a été dit, et de la nature des choses mêmes, il résulte que l'objet qu'on a en vue dans la construction est non seulement d'avoir un ensemble matériel de dispositions, satisfaisant au programme de la destination proprement dite, mais que cet ensemble soit durable, car s'il ne l'était pas la destination ne serait qu'éphémère ou précaire.

L'emploi dominant ou plus spécial de l'un ou de quelques-uns de ces éléments, le choix constant de certains matériaux, la prédominance de quelques dispositions et combinaisons de ces

matériaux, de ces éléments ou leur répétition, constituent et caractérisent ce que l'on appelle un *système de construction*.

On peut ramener à quatre systèmes les diverses constructions : 1° celui dans lequel les matériaux qui entrent dans la constitution de l'œuvre forment pour ainsi dire une seule masse plus ou moins compacte, cohérente; ainsi les constructions des assyriens en briques crues, reliées par la même terre que celle qui servait à la fabrication des briques; et, plus tard, les grandes agglomérations en menus matériaux — pierre ou brique — et mortier, de certaines constructions romaines : forment de véritables massifs, tels que l'édifice paraît composé d'un seul bloc dans lequel on aurait creusé, pour obtenir des salles, des baies, etc. Dans ce système de construction par agglomération, c'est par sa masse que l'œuvre est stable; quoique l'on y rencontre des arcs, des parties en voûte, ce ne sont là que des moyens pour donner la forme intérieure en arc, en voûte, pour *mouler* le massif de la construction, car ces arcs, ces voûtes ne poussent pas. Les palais de Ninive, de Babylone, celui si connu de Khorsabad, sont des exemples de ces constructions en briques crues qui ont fondu sous l'action du temps; les Thermes des Romains, ceux de Caracalla notamment, donnent l'exemple de ces vastes agglomérations en menus matériaux et en mortier, dont le corps, dépouillé de son vêtement décoratif, est maintenant à nu. Il faut remarquer ici combien ce système de construction se prêtait à l'emploi, pour le corps de la construction, de matériaux que l'on pouvait trouver partout, et d'une main-d'œuvre presque de manœuvre; elle se prêtait donc facilement à l'emploi des forces des peuples vaincus, et à l'édification rapide et facile en pays conquis; la décoration n'y entrait que comme un vêtement, dont l'exécution ne demande qu'un petit nombre d'ouvriers expérimentés.

2° Un système de construction simple est celui qui consiste dans la seule superposition, dans une sorte d'empilage, d'entassement des matériaux, les uns au-dessus des autres; on a là une disposition comparable à la stratification horizontale naturelle de certaines roches calcaires, telle qu'elle apparaît dans les vallées où les couches ont été coupées par l'action érosive des eaux. Dans ce système de construction par assises, on forme la partie supérieure des baies, le plafond des salles — de dimensions forcément restreintes, — en mettant les matériaux en encorbellement, les uns par rapport aux autres, et la partie extérieure de l'édifice s'élève à partir d'un certain niveau, par cette même superposition de matériaux en retraite les uns sur les autres. Les constructions de l'Hindoustan (celles qui ont précédé l'établissement de la puissance Islamique), celles découvertes de notre temps, dans le Cambodge, en Indo-Chine, et dues aux Kmers; celles sur lesquelles l'attention a été appelée récemment encore au Mexique et dans le Yucatan, et attribuées aux Incas, sont des exemples du système de construction par entassement. Ce n'est pas seulement la pierre que l'on emploie, comme dans les monuments des pays cités ci-dessus; dans ce système, on emploie aussi le bois, dans certains pays où il abonde, comme en Russie, Suède, Norvège, et on constitue les parois des habitations en empilant des troncs d'arbres écorcés, que l'on superpose horizontalement dans leur longueur; les points de contact sont ensuite calfeutrés. On conçoit que dans ce cas il n'y ait pas besoin d'avoir recours, comme pour la pierre, aux encorbellements à la partie supérieure des baies et pour former les plafonds des salles; quant aux retraites à l'extérieur, donnant aux monuments de l'Inde et de l'Indo-Chine ces formes pyramidées caractéristiques, elles sont remplacées avec l'emploi du bois, par un toit à une ou deux pentes.

3° Si on dispose les matériaux, pierres ou briques, en les superposant, à sec ou liés avec du mortier, de façon à former des murailles verticales; si dans une enceinte rectangulaire formée par ces murailles, on dresse une ou plusieurs lignes de colonnes équidistantes en pierre également; si, ayant édifié ces murs et colonnes jusqu'à une même hauteur, on pose dessus des linteaux et des dalles juxtaposés de façon à couvrir l'intervalle laissé entre les murs et les colonnes, on aura là un système de construction très simple, puisque les murs et les colonnes ne sont soumis qu'à des actions verticales, et que ces murs et colonnes, ainsi chargés, reliés à leur partie supérieure, sont même plus stables qu'abandonnés à eux-mêmes sans lien; c'est ce système qui prédomine dans les constructions égyptiennes, palais et temples, découverts à Thèbes, à Memphis.

— Ce système modifié est aussi celui qui domine dans les édifices, les temples grecs, dont les dispositions se sont répandues en Orient, dans l'Asie-Mineure et en Occident sur le territoire romain, dans la Péninsule italique. En Grèce, en Asie, dans l'ancienne Rome, le système présente le plus généralement une enceinte rectangulaire formée aussi d'un mur vertical, et précédée ou entourée, d'une partie couverte, appelée *portique*, résultant de la disposition d'un ou deux rangs de colonnes alignées en avant de ce mur; l'ensemble ou au moins partie de l'édifice étant couvert par un toit à deux pentes qu'annonce un fronton. On a construit aussi, chez les Grecs et les Romains, de simples portiques formés : soit d'un mur et d'un rang de colonnes, soit de deux rangs de colonnes, supportant une toiture.

On n'a pas à parler ici des nombreuses constructions édifiées dans les temps modernes et en tous pays, qui imitent, plus ou moins heureusement, dans leurs formes et dispositions générales, les constructions de la Grèce et de la Rome antiques, car — abstraction faite de la question d'art architectural — au point de vue de la construction seule, les édifices anciens du système décrit ci-dessus, ceux des Grecs notamment, sont ceux que l'on doit étudier, car conçus pour le milieu où ils ont été construits, la destination spéciale à laquelle ils devaient satisfaire, et avec des matériaux déterminés, ils présentent des dispositions rationnelles, pouvant servir d'enseignement; résultat que ne peuvent donner des pastiches construits sous un autre climat, pour d'autres usages, avec des matériaux différents.

Ce système de construction si simple, est réalisable autrement qu'en pierre, et il l'a été à l'origine des constructions, par l'emploi du bois, là où cette matière est abondante; on conçoit combien il est facile de dresser

des points d'appuis verticaux formés de troncs d'arbres, d'établir transversalement sur ces appuis d'autres troncs, qui recevront un plafond horizontal, ou un toit, ou même les deux; on comprend même qu'avec le bois, on puisse abriter des locaux plus vastes, c'est-à-dire sans l'encombrement de nombreux points d'appuis de grande section qu'avec la pierre; en effet, de ce que la pierre ne résiste pas bien à la flexion, que pour l'employer en linteaux, en dalles d'une certaine dimension en longueur, il faut lui donner une forte épaisseur, qu'il en résulte des éléments de construction pesants et par suite difficiles à se procurer, à transporter, à mettre en place, la conséquence est que les salles couvertes comme le sont celles des édifices égyptiens ont, ou des dimensions restreintes, ou sont encombrées de nombreux et épais appuis.

Le bois, au contraire, permet de couvrir de vastes espaces, on en trouve des exemples dans les basiliques romaines. Parmi les constructions en bois, conçues avec le simple emploi de points d'appuis verticaux, et d'un plafond horizontal ou d'un toit, on peut citer historiquement certains temples de l'extrême Orient, en Chine et au Japon. Au moyen âge, nombre d'abris étaient construits dans un système aussi simple. Dans les temps modernes, les grands hangars, les halles — à part la disposition plus ou moins complexe des combles — présentent cette simplicité de dispositions dans le système de construction, mais où son application est plus générale, c'est d'une part dans l'édification des grands magasins à étages superposés, et dans celle des habitations et de nombre d'édifices. En effet, dans ces constructions, on s'attache à n'avoir que des planchers horizontaux, qui travaillant à la flexion, et reposant sur des appuis, murs extérieurs ou intérieurs — percés de fenêtres ou de portes avec linteaux, — poteaux ou colonnes; appuis qui ne reçoivent que des actions verticales. Et, selon les cas, on emploie la pierre ou la brique, le bois ou le fer.

4° Les systèmes de construction qui consistent dans l'emploi de la voûte, de l'arc, donnant naissance à des poussées qu'il faut équilibrer, ne sont venus qu'après les autres. En effet, pour être appliqués, étant plus complexes dans leurs formes, plus difficiles à constituer dans leurs éléments, exigeant certains matériaux, nécessitant des ouvriers plus habiles et des procédés plus ingénieux que ceux des systèmes dont il est parlé plus haut, ils supposent ou un autre milieu où toutes les ressources matérielles puissent se trouver, ou un état social plus avancé, où l'intelligence est moins facilement arrêtée par les difficultés d'exécution et plus fertile en combinaisons.

— Il importe peu de savoir si la voûte, l'arc ont été employés de toute antiquité, cela paraît certain, puisqu'on trouve de ces éléments dans toutes les constructions antiques, en Asie, en Egypte, etc., mais cet emploi n'y a été qu'accidentel, et on peut supposer que ne s'étant pas généralisé, systématisé à des époques, où d'autre part on édifiait dans d'autres systèmes des monuments grandioses, on peut supposer qu'on n'avait pas compris comment pouvaient se comporter, fonctionner ces arcs, ces voûtes, et quelles ressources leur application pouvait fournir.

Ce n'est que chez les Etrusques que l'on commence à trouver des applications de la voûte, de l'arc, en un mot, des constructions en formes cintrées, mais l'emploi est timide, limité à des dimensions restreintes, et les formes sont lourdes. Les Romains vinrent, qui s'emparèrent de ces éléments de construction, l'arc et la voûte, et en firent des applications nombreuses et sur une vaste échelle; voûtes cylindriques droites ou circulaires, en cul-de-four, sphériques, furent employées par eux pour couvrir de vastes salles, dont le plus bel exemple est le Panthéon de Rome; par eux, la voûte trouve aussi son emploi dans l'arc de triomphe, dans les aqueducs, dont ils ont laissés de si nombreux exemples, enfin ils l'appliquent même aux égouts. Quant à l'arc, cette tranche de voûte, ils l'utilisent plus spécialement dans les baies, les portiques.

Il faut bien distinguer la voûte, construite, soit en pierres taillées d'une certaine façon, soit en briques, etc., et qui est un élément fonctionnant dans la construction, exerçant des poussées qu'il faut neutraliser pour assurer la stabilité, de la disposition dont il a été parlé plus haut dans les systèmes agglomérés et qui n'a de voûte que la forme.

La voûte dans sa forme continue exerce donc des efforts de poussée sur tout son développement en longueur, sur les murs massifs, ou colonnes sur lesquels elle repose; si la poussée de cette voûte n'est pas équilibrée par un entrait qui n'est qu'un expédient souvent employé pendant la Renaissance en Italie, il faut donc la neutraliser par les dispositions de la construction elle-même, par d'autres voûtes exerçant des poussées en sens inverse, par des massifs ou des contre-forts, ou par les formes données aux murs d'appui.

L'emploi de la voûte s'est perpétué chez les Byzantins; la coupole de Sainte-Sophie, à Constantinople, en est le plus bel exemple; chez les Lombards, on la trouve généralisée encore dans l'architecture romane.

Dans les voûtes en plein-cintre, employées spécialement par les Romains, et lorsque la portée devient considérable, la poussée s'accroît considérablement aussi, de là des dispositions massives, encombrantes, coûteuses; il est vrai qu'elles ne sont qu'au périmètre des grandes salles que le système permet d'obtenir, tandis que dans l'emploi de la colonne et de la plate-bande, l'encombrement est intérieur. C'est certainement en vue de diminuer les poussées des voûtes, ce qui facilite l'obtention de plus de hauteur dans l'édifice, que l'on a été conduit à faire l'arc brisé, tel qu'on le rencontre dans le système voûté avec lequel sont constitués les monuments de l'ancienne Perse.

La voûte trouve forcément son emploi, sous forme de berceau continu, c'est-à-dire avec une certaine longueur dans le sens des génératrices du cylindre, dans les grands ponts, viaducs, tels qu'on les construit à notre époque.

Mais l'emploi des formes cintrées n'est devenu réellement et complètement rationnel, économique, fécond en ressources pour le constructeur, pour l'architecte, que du jour où l'emploi de la tranche de voûte, de l'arc est entré dans la pratique. C'est au moyen âge qu'ont été faites successivement les applications les plus étendues de l'arc, et parmi les arcs, de l'arc brisé, celui qui permet de réduire considérablement les poussées, ou plus exactement qui donne naissance aux moindres poussées qu'on puisse pratiquement obtenir; et, c'est en France que l'application de cet arc brisé a tout d'abord été généralisé, puis poursuivie dans toutes ses conséquences, en avance sur tous autres pays, — car, de France, le système s'est répandu partout, — c'est par cette application et par la généralisation des principes rationnels, tant dans les formes que dans les dispositions des constructions de cette époque du moyen âge qu'est né le véritable art national français, avec toute son originalité, exempte de l'imitation du passé qui a envahi postérieurement l'art de construire en ce pays.

L'emploi de l'arc, de l'arc brisé, permet de constituer les systèmes voûtés avec des remplissages peu épais, peu pesants, faciles à construire et économiques; de ce que ces remplissages pèsent peu, des arcs de sections limitées suffisent pour les supporter; et de ce que remplissages et arcs sont réduits dans leurs dimensions en épaisseur, d'où dans leur poids, les poussées qui naissent dans ces arcs, sont faibles et il est facile de les équilibrer; enfin de ce que le poids de la superstruction est

faible, elle n'exige que des points d'appuis de dimensions réduites pour la porter.

C'est dans ces considérations que se trouve la caractéristique de l'art du moyen âge, abstraction faite de l'ingéniosité dont il est la manifestation à d'autres égards dans toutes les dispositions de ses œuvres; de la fécondité que comporte le système décoratif, qui est la mise en relief de ces dispositions.

Depuis le moyen âge, on s'est écarté de plus en plus jusqu'à nos jours du système de construction qui a caractérisé cette époque, sans créer de systèmes de construction caractéristiques nouveaux, c'est-à-dire qui soient la conséquence de l'emploi systématique et rationnel de certains éléments de construction.

Les édifices de la Renaissance et des siècles suivants, en passant par Louis XIII, Louis XIV, Louis XV, Louis XVI, peuvent présenter des formes autres que celles connues auparavant, et ayant pour chacune de ces époques une certaine parenté entre elles, mais elles ne sont pas l'expression de dispositions nouvelles en construction.

Il faut venir à notre temps, dans ce qu'il a de plus immédiat, pour trouver des œuvres commençant à être caractéristiques, quoique des réminiscences de certaines dispositions et formes du passé altèrent ce caractère ; et c'est dans les œuvres qui procèdent du génie civil qu'on le trouve, parce que, dans la réalisation de ces œuvres, il faut procéder avec le raisonnement, pour que ces dispositions soient satisfaisantes; et à cet égard il y a parenté avec les œuvres du moyen âge, quoique les formes soient très différentes. Il semble que les procédés rationnels de conception, d'étude, d'exécution qu'exigent les œuvres de l'ingénieur en tant que construction proprement dite, il semble que ces procédés qui donnent néanmoins naissance à des œuvres originales dans leur forme, soient destinés à influencer l'art de construire en général, et à étendre leur action non seulement sur les travaux dits publics, comme les ponts, les viaducs, les phares, etc., les gares, les halles, les magasins, etc., mais encore sur la construction des habitations, des édifices, etc., plus considérés comme ressortant de l'art architectural. Cette influence est encore très faible, très combattue, mais elle existe, et quelques-uns commencent à croire, qu'un édifice qui est mal construit ne peut être un bel édifice, la science de construire étant partie intégrante de l'art de construire; car les belles époques, dans l'histoire de cet art, sont caractérisées chacune par un ensemble d'œuvres dont l'édification a reposé sur des systèmes de construction déterminés, rationnels, apparents, dont l'étude est du ressort de la science de construire.

Construction selon la nature des matériaux. En énumérant plus haut les divers sens dans lesquels est employé le mot construction, il a été dit qu'afin de faciliter la désignation des diverses espèces de constructions, on les spécifiait souvent par le nom des matériaux qui entrent dans l'exécution, et c'est ainsi qu'on dit les constructions en bois, en pierre, en brique, en métal, etc.; cela ne veut pas dire que ces constructions soient édifiées avec l'un de ces matériaux exclusivement, ce qui est rare — sauf dans l'exécution de certains travaux publics, — car elles sont généralement mixtes, c'est-à-dire constituées de matériaux différents, dont les uns dominent dans certaines parties; cela signifie seulement que l'un des matériaux choisis, désignés, joue le principal rôle dans le gros-œuvre de la construction. Ainsi, telles constructions dont les planchers, les combles seraient constitués d'éléments en bois, en fer, mais dont les façades, les murs intérieurs, seraient en pierre de taille, en moellon, seront considérées dans leur ensemble, mais vulgairement, comme des œuvres en pierre, en maçonnerie ; cependant les façades, les murs intérieurs présenteraient d'autres dispositions, si au lieu de planchers on avait des voûtes; telles autres constructions, dont les façades et les divisions intérieures seraient en pan de bois, et en bois aussi les planchers, seront désignées comme travaux en bois, avec plus de raison cependant, puisque l'emploi des autres matériaux, dans le gros-œuvre, sera limité aux remplissages. Cependant, quoique ces désignations n'aient et ne puissent avoir rien de rigoureux, puisque les œuvres construites sont généralement mixtes, dans l'emploi des matériaux, comme dans le choix des éléments de construction qui les constituent, les facilités qu'elles donnent pour l'étude sont telles qu'elles seront conservées ici, pour l'examen de chacune des catégories de constructions, pour l'étude de la construction en bois, en pierre, en brique, en métal.

Construction en pierre, en brique (De la). Le plus grand nombre des constructions, soit publiques, soit privées, et destinées à servir d'abri à des individus, aussi bien que les ouvrages que comporte l'exécution des travaux publics, ont le plus généralement été édifiés dans les temps anciens, comme à des époques plus rapprochées, et ainsi que de nos jours encore, au moyen de pierres, de briques, principalement, sinon dans leur entier, au moins dans leurs parties principales, notamment dans le gros-œuvre proprement dit. En effet, dans presque tous les pays, on trouve dans la nature, soit de la pierre, soit de la terre propre à la fabrication de la brique, soit les deux.

Il est sans intérêt de déterminer ici, si la construction en pierre a précédé celle en terre puis en brique, et si l'une ou l'autre ont été devancées par la construction en bois. La probabilité est que là, où l'un de ces matériaux s'est trouvé à portée de l'homme, il a dû l'employer de préférence; et soit à une même époque, soit à des époques différentes et dans les diverses contrées, l'homme poussé par la nécessité a été conduit à employer l'un de ces matériaux, — celui qui était le plus à sa portée et sous une forme en permettant l'emploi le plus facile, — et à les disposer de façon à former un abri, conçu, soit en imitation de certaines dispositions naturelles, soit par suite d'un premier raisonnement qui a fait de lui un constructeur.

Sans entrer par le menu dans l'étude détaillée des dispositions qui ont été successivement employées, avant qu'un système complet de construction fut né, sans examiner les hypothèses que l'on peut faire sur les développements ou les

transformations primitives de la science de construire, il suffira de dire ici quelques mots des principales modifications qu'ont dû subir l'emploi de la pierre, celui de la terre, puis de la brique, depuis les premiers usages qui en ont été faits.

En ce qui touche la pierre, il est évident que l'emploi a dû tout d'abord en être limité aux blocs naturels, avec leurs formes irrégulières; ces blocs superposés, adossés, mis en travers les uns sur les autres ont pu servir ainsi à constituer des abris; chaque morceau étant assuré dans sa position au moyen de petits morceaux de cales. Puis les interstices étant bouchés, au moyen d'herbes, de terre, bourrés dans les vides, on a obtenu ainsi un local relativement clos. Un progrès a été ensuite de choisir les pierres s'ajustant le mieux les unes par rapport aux autres, c'est-à-dire de façon que les parties saillantes s'emboîtent dans les angles rentrants. Plus tard, beaucoup plus tard peut-être, tant le progrès a dû être lent parmi des groupes d'individus dépourvus de ressources; plus tard, on a dû chercher à donner aux pierres les formes dont on avait besoin, en enlevant l'excédent de certains morceaux au moyen de chocs, puis en employant des outils; et les outils se perfectionnant en même temps que le sens de la construction, on est arrivé à tailler des morceaux réguliers dans leurs formes : ce sont d'abord des cubes ou des parallélipipèdes, pouvant être superposés et juxtaposés, ensuite des éléments de forme plus complexe, tels, par exemple, que les voussoirs constitutifs des voûtes.

Il est évident, que l'homme n'ayant à sa disposition que des matériaux très irréguliers, n'a pu élever que des constructions très imparfaites, et aussi de petites dimensions, car la réunion de ces matériaux ne pouvait constituer un ensemble suffisamment stable qu'à la condition que les dimensions en hauteur fussent limitées, par rapport à la base, de là l'emploi d'un grand cube de matériaux; et de cela, ainsi que de l'impossibilité de créer de grands locaux, est résultée une perte considérable de place relativement à la surface totale construite, vide et pleins. Quand on a cherché à ajuster les matériaux, — comme dans les constructions cyclopéennes, comme dans la maçonnerie à joints incertains, — en profitant de leurs formes, ce qui a permis de leur donner une assiette plus solide, on a pu faire des constructions un peu moins massives, plus hautes, plus régulières relativement, qu'en juxtaposant et entassant des blocs irréguliers. Mais on comprend que dans l'utilisation des matériaux avec leurs formes naturelles, les joints de contact de ces matériaux présentent des directions quelconques; or, par rapport à l'horizontale, cela forme donc des plans, des surfaces inclinées, sur lesquels les blocs peuvent glisser. Aussi ce n'est que du jour où l'on a pu, en taillant la pierre, faire des surfaces réglées, permettant de disposer les matériaux horizontalement qu'on a édifié dans des conditions réelles de stabilité. En effet, les charges étant verticales dans les constructions à assises horizontales, la réaction sur les joints est verticale, et par conséquent il ne peut y avoir glissement des éléments les uns sur les autres. On peut alors, avec des dimensions moindres en épaisseur, faire des constructions plus élevées en tant que murailles. Mais, comme il a été dit plus haut en traitant de la construction en général, on ne peut, par l'emploi de la pierre pour clore horizontalement à la partie supérieure, arriver à construire des locaux vastes sans points d'appui; ce progrès avec l'emploi de la pierre a été préparé par la pratique de la taille des matériaux en formes régulières, ce qui a permis, lorsqu'on a compris quel parti on pouvait tirer de la voûte, d'en faire l'application puisque le perfectionnement de la main-d'œuvre permettait d'en tailler les éléments sous la forme déterminée de voussoirs. Dans ce qui précède, on suppose que l'emploi de la pierre a été résolu par la seule connaissance qu'on avait acquis du parti à en tirer telle qu'elle était ou en la taillant, et, en juxtaposant *à sec* les éléments d'une certaine dimension.

Mais l'homme ne s'est pas toujours trouvé dans des milieux où de tels éléments étaient à sa disposition; en certains lieux il n'a pu disposer que de matériaux petits et irréguliers, avec lesquels il y avait impossibilité, en les employant seuls, de construire; mais, l'observation, un fait accidentel, l'ayant mis à même de comprendre que ces matériaux noyés dans une terre détrempée, formaient un tout, une agglomération quelque peu résistante quand elle était sèche, il a été conduit à lier ces matériaux au moyen d'une boue, d'une terre additionnée d'eau, et à en faire l'emploi pour édifier.

Cependant on comprend que, même en abritant la partie apparente de ces constructions contre les intempéries, qu'elles ne puissent présenter une grande résistance aux charges verticales, même à son propre poids, par le fait de l'emploi de la terre; de là une limite à la hauteur jusqu'à laquelle on peut s'élever et l'emploi de ce genre de conglomérat en grandes épaisseurs. Aussi l'emploi de matériaux irréguliers et de petite dimension n'a eu toute sa valeur que du jour où on a trouvé pour les lier un mortier susceptible d'acquérir une grande résistance en se séchant. Ce résultat a été obtenu par la découverte de la *chaux*. Quelques morceaux de calcaire, la dalle d'un âtre peut-être, ayant été soumis accidentellement à l'action du feu, il en est résulté de la chaux; de l'eau ayant été incidemment mêlée à cette chaux, ainsi que des fragments de matériaux menus, il y a eu liaison, agglomération, puis solidification. L'observation s'étant emparée de ce fait, l'emploi de la chaux, du mortier qui en est le mélange avec du sable, entrait dans la pratique des constructions. C'est non seulement pour relier des matériaux menus et irréguliers que le mortier a été employé, mais aussi pour assurer la liaison des pierres de plus grande dimension, taillées ou non. Pour les pierres taillées, cela a permis de se contenter dans nombre de cas d'une taille moins finie et plus économique, surtout pour les matériaux durs.

On donne le nom de *maçonnerie* (V. ce mot) aux parties des constructions, aux ouvrages composés

de pierre et de mortier. En outre des avantages qui résultent pour la solidité, la stabilité, pour la durée et l'usage des constructions, de l'emploi de la maçonnerie, il en est d'autres appréciables, Ainsi elle permet, en même temps que la réduction des épaisseurs à obtenir, l'emploi de matériaux petits, moins coûteux et d'un maniement plus facile que les gros matériaux, de là économie dans les constructions. Disons aussi que la compacité de la maçonnerie met les locaux à l'abri de l'introduction de l'eau, de l'humidité, de l'air.

Quelques-unes des considérations qui précèdent résultent aussi de l'examen des progrès faits dans l'emploi de la terre, puis de la brique dans les constructions. Il est tels pays où l'on n'a pas de matériaux résistants, ou bien l'extraction en étant relativement difficile, l'homme primitif ne pouvait en faire l'emploi; mais dans ces pays on trouve de la terre, et souvent une terre, qui liée avec addition d'eau, présente une certaine plasticité, forme une pâte maniable, susceptible de se durcir un peu en se séchant. L'emploi de la terre dans ces conditions a donné à l'homme le moyen de faire des massifs de construction au-dessus du sol, un peu à l'imitation des terriers qu'il a probablement fait d'abord au-dessous. En couvrant ces massifs creux de feuilles, il abritait la terre d'un délayage par la pluie. Plus tard, en mélangeant des herbes, il a pu donner plus de liant entre les divers éléments de la terre et lui assurer plus de consistance, ce qui a permis de faire des murailles d'une épaisseur relativement moindre. Ce n'est qu'à une époque moins reculée que la paille hachée a dû être employée et mêlée à la terre pour en composer une sorte de *pisé*, encore en usage de nos jours, et que l'on moule sur place, entre des panneaux que l'on déplace au fur et à mesure de la solidification de la matière. Ensuite ayant observé que certaines de ces terres, plus plastiques que d'autres, argileuses, prenaient une certaine solidité par l'exposition au soleil, on a employé des fragments de cette terre solidifiée, comme dans d'autres pays on avait mis en œuvre des matériaux pierreux naturels. Puis en reconnaissant que plus la forme de ces fragments était régulière, plus l'emploi en était facile, l'homme a été conduit à tailler les morceaux de terre avant de les soumettre à l'action du soleil, puis à les mouler: il avait ainsi créé la *brique* crue, d'un emploi si répandu dans l'antiquité. — V. Brique.

Avec cette brique il a pu faire de véritables édifices, massifs dans leur forme évidemment, vu la résistance encore limitée de la matière, mais durables quand ils sont abrités ou revêtus de matériaux inaltérables à l'air et à l'eau. On comprend d'ailleurs que la liaison des briques se soit faite au moyen de la terre même employée pour les fabriquer.

Plus tard, cette terre ayant été soumise accidentellement à l'action du feu, par la pensée qu'une chaleur plus forte que les rayons solaires, pouvait lui donner plus de dureté, l'homme a eu l'idée de cuire la brique; dès lors il a eu pour ses constructions des matériaux résistants, et il ne lui restait plus qu'à substituer à la terre l'emploi du mortier de chaux, à le découvrir tout d'abord, comme les hommes qui employaient la pierre.

Du jour où l'on a pu construire avec de la brique cuite au feu, reliée avec du mortier de chaux, avec de la maçonnerie de briques, en un mot, tout un genre de constructions était né, et il a atteint un développement parallèle aux constructions en pierre.

Dans certains pays, l'homme a pu avoir la pierre en plus ou moins grandes dimensions, et la terre propre à faire la brique, aussi a-t-il été conduit à combiner ces matériaux. De nos jours, dans les pays civilisés, dotés de voies de communication facile, on supplée à l'absence locale de certains matériaux par le transport.

Un des caractères des constructions en pierre, en briques, que l'on doit ajouter à ceux de leur stabilité et solidité qui en assurent la durée, consiste, par leur peu de conductibilité, à mettre les locaux à l'abri des variations de température.

Ces considérations suffisent pour caractériser ce qu'est la construction en pierre, en briques en général; on trouvera au cours du *Dictionnaire* les études spéciales relatives au mode d'emploi, de préparation de ces matériaux comme la définition de leur nature propre, qualités ou défauts (V. Coupe des pierres, Maçonnerie, etc.); ainsi que l'étude des éléments de construction, comment on peut constituer ces éléments avec ces matériaux, et enfin la caractéristique de chaque architecture, de chaque style, et celle des ouvrages des travaux publics.

Construction en bois (De la). Les considérations qui peuvent être développées quant à la construction en bois sont: quant aux matériaux eux-mêmes, chêne, sapin, peuplier, etc., celles qui sont exposées à l'article Bois, quant à l'emploi du bois, c'est-à-dire à la charpente, il a été exposé aussi ce qui caractérise ce genre de construction; il n'est pas nécessaire de revenir ici sur ces considérations, il y aurait double emploi. Disons seulement que l'emploi du bois facilite l'exécution des constructions avec des parois de peu d'épaisseur, de grande hauteur, et de constituer de vastes locaux; la longueur, la rigidité des éléments donne toute facilité à cet égard; le mode de liaison, par des assemblages, vient aussi aider à la constitution des éléments divers dont se compose une construction. Sauf pour des hangars, certains magasins étagés, les combles, à l'exception de la couverture proprement dite, le bois n'est pas employé seul; ainsi, dans la construction des parois des habitations, c'est-à-dire dans la composition de ce que l'on appelle les *pans de bois* (V. ce mot), les pièces laissent entre elles des vides que l'on remplit avec de la terre ou de la maçonnerie de pierre, de briques. Quand le bois est employé sec, qu'il est parfaitement sain, qu'on prend des dispositions pour le mettre à l'abri de l'humidité, et des variations de température, soit en l'isolant, soit en l'imprégnant ou le couvrant de matières conservatrices, ce bois donne des constructions durables, mettant les habitants à l'abri des variations de température; mais ces constructions n'échappent

pas à l'action du feu, aussi les édifices élevés autrefois en bois ont disparu, et il ne reste que de rares exemples de parties d'édifices, des combles apparents ou non, des clochers, qui aient échappé à ce genre de destruction. De nos jours, on peut citer quelques *maisons* privées qui restent encore comme un exemple de l'architecture et de la construction en bois. Nous étudions à l'article MAISON les dispositions des éléments qui composent ces constructions en ce qu'elles ont de caractéristique et d'applicable encore de notre temps, malgré l'invasion du métal. — L. C.

Construction métallique. Jusqu'au commencement du XIXe siècle, les métaux n'avaient joué dans l'art de construire qu'un rôle très secondaire ; ce n'est que du jour où la vapeur a permis de remplacer le travail de l'homme par des machines puissantes et infatigables que l'emploi du fer a pris, dans toutes les branches de la construction, le développement prodigieux dont les expositions universelles ont été de si imposantes manifestations.

C'est dans l'établissement des chemins de fer que l'influence se fit sentir au début ; aux locomotives il fallut des rails ; fort heureusement l'invention nouvelle, en créant de nouveaux besoins, apportait les moyens de les satisfaire. L'industrie métallurgique transforma son outillage, créa de nouveaux procédés et parvint bientôt à donner au fer les dimensions et les formes les plus variées. Les cornières, les fers à T et à I, les fers en U devinrent des fabrications courantes et l'on vit figurer aux expositions des barres en I de $0^m,25$ de largeur sur $0^m,38$ de hauteur avec des longueurs de 16 à 24 mètres ; des fers plats de 9 millimètres d'épaisseur sur $1^m,70$ de largeur, atteignaient 7 et 8 mètres de longueur. Dans ces conditions la substitution du fer au bois dans les travaux de charpente devait se faire rapidement.

En même temps que les rails, d'autres exigences avaient surgi ; l'idéal du chemin de fer, c'est non seulement la ligne droite ; c'est encore et surtout l'horizontalité qu'il fallait conserver autant que possible en franchissant les fleuves et les vallées. En Europe l'emploi de la maçonnerie obligeait à restreindre les dimensions ; l'exécution était longue et coûteuse. En Amérique l'abondance du bois avait naturellement conduit à l'employer exclusivement et les ouvrages en charpente avaient atteint une perfection remarquable et une économie telle qu'on les substitua même aux remblais. Le pont d'Harrisburg, avec 23 travées de 45 mètres d'ouverture et 6 mètres de flèche, l'arche de Cascade Gleen, de 84 mètres d'ouverture, le viaduc de Portage, de 267 mètres de long sur 80 mètres de hauteur en étaient des exemples remarquables.

Mais le bois est exposé à des causes de destruction nombreuses et rapides que la surveillance la plus active ne pouvait conjurer ; les incendies surtout causèrent d'effroyables désastres.

C'est alors que, grâce à l'emploi de la fonte et du fer, un nouveau mode de construction entièrement métallique vint remplacer les anciens systèmes. On créa des machines-outils pour le coupage, le perçage et le rivetage des fers ; les profils compliqués, si difficiles à obtenir au laminoir, furent obtenus facilement à l'aide de tôles et de fers assemblés, en même temps que des calculs et des expériences mirent en évidence l'économie du nouveau système. On n'a pas oublié le sentiment d'admiration qui se produisit, lorsqu'en 1850, Robert Stéphenson jeta sur le détroit de Menai, le gigantesque tube du pont Britannia, livrant à la voie ferrée un double passage, au-dessous duquel les vaisseaux pouvaient circuler avec tous leurs mâts dehors.

Quelques années après (1854) le fleuve Saint-Laurent était franchi à l'aide d'un pont de 25 travées dont la longueur totale atteignait 2,760 mètres ; le tube métallique seul avait 1,977 mètres de longueur ; cette immense construction employait 9,000 tonnes de fer et coûtait 31,550,000 francs.

Une étude attentive des efforts que subissent les diverses parties d'une travée permit de remplacer les âmes pleines employées au début, par des barres obliques entrecroisées et formant des treillis à mailles plus ou moins serrées, tantôt rigides comme dans les ponts européens, tantôt articulés, comme en Amérique, où l'on devait surtout se préoccuper de faciliter le transport et le montage. Quelques exemples feront ressortir les progrès ainsi réalisés.

Le pont de Kuilenbourg, sur le Leck, en Hollande (1868), se compose de 7 travées de 57 mètres, une travée de 80 mètres et une de 150 mètres ; cette dernière dépassait déjà de 10 mètres la longueur du pont Britannia. La longueur totale de l'ouvrage est de 629 mètres et le poids du fer employé s'est élevé à 2,157 tonnes. Aux Etats-Unis, à Cincinnati, le grand pont de 740 mètres sur l'Ohio (1877), contient une travée de 158 mètres de portée, dont les fermes, espacées de $6^m,30$, ont $15^m,70$ de hauteur. Le poids par mètre courant est de 7,500 kilogrammes ; ce même poids s'était élevé à 11,200 kilogrammes pour les travées de 140 mètres du pont Britannia et à 13,737 kilogrammes pour la travée de 150 mètres du pont de Kuilenbourg.

Les travées rectilignes, n'exerçant sur les piles que des efforts verticaux, devaient permettre de leur donner plus d'élévation ; on réalisa un nouveau progrès en substituant aux piles en maçonnerie des charpentes métalliques, et des constructions presque aériennes franchirent les vallées à des hauteurs vertigineuses. Les viaducs de Fribourg en Suisse (1862) et de Busseau d'Ahun, en France (1865) maintiennent le niveau des rails à 43 et 63 mètres au-dessus du sol ; celui de la Bouble (1871) atteignit $57^m,50$, et celui de Varrugas, construit au Pérou en 1873 par des ingénieurs américains, s'élève à $76^m,80$. Les poids, par mètre courant d'élévation, avaient été successivement de 220 kilogrammes à Fribourg, 240 kilogrammes à Busseau d'Ahun, 104 kilogrammes à la Bouble, et enfin de 62 kilogrammes seulement à Varrugas, grâce à la substitution du fer à la fonte dans la construction des piles.

Dans un dernier ouvrage de ce genre, établi à Kinzua, sur la ligne de Buffalo à Pittsburg, le ta-

blier présente 675 mètres de long et le niveau des rails est élevé à 92 mètres au-dessus de la rivière Alleghary.

C'est encore la construction métallique qui a permis aux chemins de fer de traverser les grands fleuves sans entraver la navigation, au moyen de ponts mobiles, comme le pont de Brest, dont les deux volées ouvertes laissent entre elles un passage de 106 mètres de largeur, et le pont de Raritan bay avec une double travée tournante de 143 mètres de longueur.

Quant à la fonte, comme elle résiste beaucoup mieux à la compression qu'à la flexion et fort peu à la traction, son rôle dans la construction métallique est tout indiqué. Elle est employée avantageusement dans les piles des viaducs et permet de remplacer les arches en maçonnerie par des arcs métalliques de dimensions beaucoup plus grandes et par suite de diminuer le nombre des piles. C'est en France qu'il en a été fait le plus d'applications et il suffit de rappeler les ponts de la Voulte et de Tarascon, sur le Rhône, de Solférino et de Saint-Louis, sur la Seine et l'arche de 56 mètres d'ouverture sur le Rummel, à Constantine (pont d'El Kantara), pour donner une idée des ressources que présente ce genre de construction. Cependant pour les ponts en arc de chemin de fer, on s'accorde à préférer la tôle qui, par elle-même et par son mode d'assemblage, est moins exposée à se rompre sous l'influence des trépidations ; c'est le système adopté pour le pont du Douro, dont le tablier repose sur un arc parabolique de 160 mètres de corde et 42^{m},50 de flèche. Le mètre courant de ce pont ne pèse que 4 tonnes.

Enfin on peut encore ranger parmi les constructions métalliques les ponts suspendus qui, après avoir rendu de si grands services, ont été à peu près abandonnés dans nos pays, tandis qu'ils sont encore en usage en Amérique, non seulement pour les routes ordinaires, mais même pour les chemins de fer, comme le célèbre pont du Niagara, construit dès l'année 1851, avec 250 mètres de portée, pour relier les chemins de fer du Canada à ceux des Etats-Unis, et le pont en construction sur la rivière de l'Est, entre New-York et Brooklyn, avec 1052 mètres de longueur totale. La travée centrale, de 486 mètres d'ouverture, est suspendue à 40 mètres au-dessus du niveau de la mer, à l'aide de quatre câbles de 40 centimètres de diamètre, contenant ensemble 6,289 fils d'acier de 4 millimètres ; le tablier, de 25^{m},91 de largeur, comprend un trottoir central, deux voies ferrées et deux voies charretières.

Il convient encore de citer, comme exemple remarquable de construction métallique, le chemin de fer aérien de New-York, dont la voie forme un long viaduc élevé sur des colonnes, de façon à laisser au-dessus des chaussées une hauteur libre de 4^{m},42 ; les poutres sont en tôle rivée ; les colonnes sont en fer à double T, reliés par des barres de treillis ; leurs embases sont en fonte. Il a été commencé en 1866 et son développement total est aujourd'hui de 51 kilomètres. 1,200 trains de 2 à 4 voitures traînées par des locomotives, y circulent journellement avec une vitesse moyenne de 20 kilomètres à l'heure, et transportent plus de 300,000 voyageurs.

En même temps que se réalisaient dans l'industrie des chemins de fer les progrès immenses que nous avons passés en revue si rapidement, l'application de la machine à vapeur à la navigation amenait une transformation complète de la construction navale et y introduisait la construction métallique. En effet l'emploi du bois y présentait les mêmes inconvénients, mais avec une importance encore plus sensible. Les meilleures essences n'assuraient, malgré un entretien très coûteux, qu'une durée de vingt ans au plus ; les dimensions restreintes des pièces de la charpente obligeaient à en multiplier les assemblages et ne pouvaient réaliser l'accroissement nécessaire pour loger le moteur et son combustible, tout en conservant un tonnage rémunérateur. Le fer qui répondait à toutes les exigences vint à propos remplacer le bois que l'épuisement des forêts rendait tous les jours plus rare.

Toutes les pièces de l'ancienne charpente, si compliquées, sont réalisées très simplement, soit avec des cornières que l'on cintre sans difficulté sur les gabarits les plus exigeants, soit avec des tôles découpées et assemblées pour former les profils en I, en T et en U, les plus propres à résister aux efforts qu'elles ont à subir. Transversalement, ce sont les membrures avec leurs varangues et leurs barrots ; longitudinalement, ce sont, la quille, les carlingues et les lisses qui sont exécutées avec ces deux éléments, dont l'ensemble forme une carcasse rigide que complètent les bordés extérieurs et intérieurs de la coque et les bordés des ponts ; de nombreuses cloisons étanches en augmentent encore la solidité en même temps qu'elles ajoutent des garanties précieuses contre les accidents de navigation. Le rapport de la longueur à la largeur est doublé tandis que celui du poids de coque au déplacement diminue ; la durée est prolongée au point que des navires, construits depuis 40 ans, naviguent encore. On reproche seulement aux carènes en fer la facilité avec laquelle elles se couvrent de dépôts marins, végétaux et mollusques, qui retardent la marche des navires et obligent à passer au bassin une ou deux fois par an pour gratter et repeindre toute la surface extérieure, opération souvent difficile à réaliser dans la navigation au long cours.

Ici, comme dans les chemins de fer, les ressources individuelles n'auraient pu suffire ; la collectivité s'imposait ; des compagnies puissantes pouvaient seules réunir la richesse nécessaire pour créer et exploiter ces grandes lignes de navigation qui sont comme le trait d'union des chemins de fer. Les résultats obtenus sont aussi grandioses que ceux que nous avons constatés pour ces derniers ; les paquebots les plus récents atteignent de 130 à 140 mètres de longueur, sur 13 à 14 mètres de largeur, 9 à 10 mètres de creux et 6 à 7 mètres de tirant d'eau. Des machines de 3 à 4,000 chevaux vapeur leur permettent d'obtenir des vitesses de 25 à 30 kilomètres à l'heure et de transporter 3,000 tonnes de fret avec un déplacement de 5,000 tonneaux.

Il est à peine nécessaire d'observer que la construction métallique était la seule admissible pour la marine militaire et de rappeler à quelles dimensions gigantesques sont arrivés les navires cuirassés modernes, comme l'*Inflexible* qui déplace 11,200 tonneaux et porte une cuirasse de 60 centimètres d'épaisseur. Malheureusement ces chefs-d'œuvre de la construction navale coûtent à peu près 10 millions chacun, et il suffit de quelques torpilles pour les engloutir. — V. CUIRASSE.

Le fer n'a joué, pendant longtemps, qu'un rôle insignifiant dans la construction civile ; il était rare et coûtait cher ; le bois, très abondant, était plus facile à mettre en œuvre et devait rester la principale ressource des constructeurs. Ce n'est que vers la fin du XVIII^e^ siècle que l'on voit l'architecte Louis faire exécuter en fer forgé le comble du théâtre français ; mais ce n'était alors qu'une exception motivée par les dangers des incendies. Cinquante années devaient encore s'écouler pour que l'industrie des chemins de fer put appliquer les ressources qu'elle avait créées à satisfaire de nouveaux besoins ; il fallut couvrir économiquement les grands espaces nécessaires aux mouvements des voyageurs et des marchandises ainsi qu'à la construction du matériel ; les premières applications importantes de la construction métallique à l'architecture civile furent les halles à voyageurs et à marchandises, les ateliers, les remises pour les machines et les voitures. Le fer et la fonte, associés d'abord avec le bois, furent bientôt employés seuls pour les fermes soutenant la toiture ; quelques chiffres peuvent faire apprécier les progrès accomplis : la portée, limitée à 23^m^,30 pour la gare de Lyon, atteignit 27 mètres à la gare de Saint-Germain, 30 mètres à la gare de Bordeaux et 40 mètres à la gare Saint-Lazare. Elle est arrivée à 51^m^,50 dans le magnifique comble qui couvre la gare d'Orléans sur une longueur de 200 mètres ; le prix de cette dernière charpente revint à 55 francs le mètre carré de surface couverte.

Le nouveau mode de construction fut bientôt généralisé et la transformation s'étendit à d'autres parties de la charpente ; on substitua aux poitrails en bois reposant sur de lourds piliers en maçonnerie, des poitrails en fer beaucoup plus rigides et reposant sur des colonnes en fonte, laissant ouvertes les grandes baies qui caractérisent si bien la différence entre le magasin d'aujourd'hui et la boutique d'autrefois.

Les planchers en fer, plus solides et plus légers, sont aussi moins épais ; ils augmentent l'espace disponible et apportent de précieuses garanties contre la propagation des incendies. Remplaçant les voûtes maçonnées, ils ont permis de transformer une partie des caves en sous-sols spacieux qui reçoivent assez d'air et de lumière pour devenir le complément presque indispensable des locaux du rez-de-chaussée.

Pour les murs de refend et les cloisons, la question est plus difficile et n'a pas encore reçu de solution pratique ; les séparations horizontales accompagnent la maçonnerie dans son tassement ; les séparations verticales subissent au contraire des déformations auxquelles le bois permet de remédier plus facilement que le métal ; la conductibilité pour la chaleur et la dilatation assez notable du fer ajoutent encore aux difficultés. C'est pour cela que le bois est toujours l'élément principal des ouvrages de menuiserie ; le fer est cependant employé avec avantage pour les vitrages des devantures et pour leurs fermetures. Les escaliers en fer n'ont jusqu'à présent que des applications restreintes, motivées surtout par les dangers d'incendie.

De nouveaux perfectionnements amèneront sans doute une extension plus grande de la construction métallique dans les édifices, et la création d'une architecture nouvelle accusant franchement le métal que l'on dissimule encore trop souvent sous des enveloppes de plâtre ou de bois pour conserver les apparences traditionnelles des anciens matériaux. Des ouvrages importants ont été déjà exécutés dans cette voie, parmi lesquels on peut citer : la gare du chemin de fer de l'Est à Paris, le palais de cristal de l'exposition de 1862 à Londres, les Halles centrales de Paris, le dôme de l'église Saint-Augustin, le phare des Roches-Douvres, l'Hippodrome, la flèche de la cathédrale de Rouen, et tant d'autres édifices de tous genres qui prouvent que la fabrication et la main-d'œuvre peuvent dès maintenant satisfaire à toutes les exigences artistiques des architectes.

Voir pour les règles à suivre dans les constructions métalliques aux mots CHAUDRONNERIE et RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX et pour les applications aux mots spéciaux, DÔME, ESCALIER, FERME, PONT, VIADUC, etc. — J. B.

Bibliographie : Résistance de la fonte de fer à la compression, par DAMOURETTE, ingénieur civil ; *Mémoire sur divers problèmes relatifs aux arcs et fermes métalliques surbaissées*, par DARCEL, ingénieur des ponts-et-chaussées ; *Théorie élémentaire des poutres droites, ponts, combles, etc.*, par COLLIGNON, ingénieur en chef des ponts-et-chaussées ; *Mémoire sur les meilleures formes à donner aux poutres droites en fonte*, par DECOMBLE, ingénieur des ponts-et-chaussées ; *Essai sur l'emploi des fers à double T dans la construction des planchers*, par ROUVENAT, architecte ; *Album de profils et notices d'expériences comparatives*, par ZORES, ingénieur civil ; *Mémoire sur les piles en charpente métallique des grands viaducs*, par NORDLING, ingénieur en chef du chemin de fer d'Orléans ; *Propagateur des travaux en fer*, par OPPERMANN ; *Constructions en bois et en fer*, par CHÉRY ; *Constructions en fer*, par T. LIGER, architecte ; *Etudes pratiques sur la construction des planchers et poutres en fer*, par César JOLLY et JOLLY fils ; *Equilibre stable des charpentes en fer, bois et fonte*, par E. CORDIER ; *De l'emploi du fer dans les constructions*, par DES BIARS.

CONSTRUCTION INDUSTRIELLE. I. *Choix du terrain et des matériaux.* Dans cette recherche il y a lieu de se préoccuper de la proximité des logements d'ouvriers (à moins qu'on ne se décide à faire soi-même des cités ouvrières) et d'un site salubre : c'est là la première des préoccupations et la plus grave. La question des transports vient ensuite. Il faut se mettre, s'il est possible, près d'une gare ou près d'une ligne de chemin de fer, avec possibilité d'obtenir une voie de raccordement, surtout quand l'industrie comporte des marchandises lourdes ou encombrantes.

Si on peut trouver une force hydraulique sans trop de dépenses, on peut y sacrifier quelques-uns des autres avantages. Mais les chutes d'eau sont généralement assez éloignées des gares de chemin de fer par la nature même des choses. D'un autre côté les travaux d'art hydraulique peuvent entraîner à des dépenses considérables et surtout difficiles à évaluer d'avance ; enfin, les progrès de la machine à vapeur diminuent de plus en plus l'intérêt qui s'attache aux chutes d'eau ; que sera-ce quand on aura réalisé la machine utilisant le calorique latent de la vapeur? Donc, à moins de circonstances exceptionnellement favorables à l'eau et défavorables au charbon, on peut abandonner la force hydraulique.

Il est bon de se préoccuper du nivellement du sòl soit en profitant des déclivités pour faire des caves, soit pour éviter les frais de terrassements. Il faut s'assurer du bon fond pour ne pas avoir de déception en cherchant une assise pour la machine et la cheminée.

Enfin, il y a lieu de chercher les matériaux réunissant la durabilité et le bon marché à l'exclusion au besoin de l'élégance.

Il est puéril de donner des formes architectoniques à des constructions industrielles quand elles ne dérivent pas naturellement du plan. L'usine doit garder son caractère d'usine, être faite pour le but industriel. L'extérieur peut et doit recéler les dispositions intérieures, et s'il y a une esthétique dans ce genre de construction, c'est bien celle de l'appropriation spéciale, de la logique, de la stabilité et de la force.

Ainsi les toits en forme de triangle scalène, ou à rampants inégaux, qui sont d'un aspect si désagréable à première vue, finissent par satisfaire l'œil à force de satisfaire la raison. Il doit en avoir été de même plus ou moins pour tous les styles d'architecture à leur origine, témoin les contreforts dans l'architecture ogivale. Il ne faut donc pas dissimuler à l'extérieur, comme certains architectes ont cru devoir le faire, une forme logique pour y substituer une forme symétrique ou harmonieuse. Quant aux matériaux, c'est le bon marché et la solidité qui seuls doivent être pris en considération. La brique fait de tous points la meilleure des maçonneries tant pour la stabilité que pour la rapidité de la construction et la facilité d'y faire des entailles, des trous de boulonnage ou de scellement. Là où la brique est trop chère, on emploie le moëllon et même, comme à Reims, le carreau de terre séché au soleil ; toutefois ces carreaux ne peuvent servir que pour des panneaux non chargés, ils ne peuvent pas supporter de pièces mécaniques. Il faut éviter de les exposer à l'humidité du sol ou des toits. On ne commence généralement ce genre de maçonneries qu'à 1 mètre du sol. Les fondations étant faites en meulière ou en moellons, les poutres des planchers et des toits sont portées par des pilastres en pierres de taille ou en moellons ; les carreaux de terre ne servent que de remplissage. Ces maçonneries qui doivent supporter des machines ou subir des efforts considérables, doivent être en briques hourdies au ciment de portland ou au mortier ordinaire additionné de ciment.

Les scellements dans les murs se font au plâtre. Le sapin du nord est le plus convenable pour les charpentes des petits toits vitrés. La couverture en tuiles à emboîtement est la plus économique et la plus durable. Les plafonds peuvent être faits en voliges de sapin 3/4 ou en mortier de chaux, sable et bourre.

Les chéneaux se font en zinc, en tôle noire, en tôle galvanisée ou en fonte. La fonte est, sans contredit, la meilleure matière pour les chéneaux ; elle se dilate peu, elle est presque inoxydable et indéformable. La fonte devra donc être choisie de préférence pour les constructions sérieuses. Quand on recherche l'économie, on emploie le zinc en n° 16 ou même en n° 14. La tôle doit être rejetée.

Les dallages peuvent être faits de diverses façons et peuvent varier selon les industries. En première ligne viennent les carreaux céramiques vitrifiés qui, par leur dureté, sont inestimables, on les pose sur trois centimètres de sable sec étalé sur un sol bien damé et mouillé. Les carreaux sont posés à bain de ciment pur et rejointoyés du même enduit. On obtient aussi un assez bon dallage en posant une chape de 25 à 30 millimètres de ciment et gravier, sur 10 centimètres de béton hydraulique. Le carreau d'ardoise fait aussi un excellent dallage. Il faut rejeter le carreau de terre cuite, la brique, la dalle en pierre calcaire qui ne sont pas assez durables.

II. *Genre de construction.* En faisant le projet d'une usine, la première question à se poser c'est le choix entre les trois genres de bâtiments : 1° *rez-de-chaussée ;* 2° *bâtiment à étages :* 3° *halle.* Le rez-de-chaussée éclairé par les toits doit être préféré, quand le terrain n'est pas d'un prix trop élevé, quand le travail comporte ce mode d'éclairage et quand la salle ne dépasse pas 100 mètres, limite de la portée de l'œil d'un surveillant. Au delà de 100 mètres, il est préférable de construire à étages. Il est plus facile de monter 20 marches que de parcourir 100 mètres pour surveiller les ouvriers.

Le hall, ou rez-de-chaussée très élevé, trouve son application pour les ateliers de construction de fonderie, de distillerie, sucrerie, brasserie, teinturerie où il faut loger des outils volumineux, des grues, des transports aériens ou des appareils encombrants.

Le bâtiment à étages doit être fait incombustible. L'augmentation de dépense est compensée par l'économie sur la prime d'assurance. Si les salles étaient très fortement encombrées de matières combustibles comme, par exemple, les magasins de coton ou de lin, on n'aurait aucun intérêt à les construire incombustibles car un incendie dans ce cas ne laisserait pas que de détériorer le bâtiment par la dilatation des fers. Les planchers incombustibles peuvent se faire en briques ou en béton, selon le coût des matériaux ; un béton composé de mâchefer, de sable et de chaux hydraulique donne d'excellents planchers. On peut même faire les murs entièrement en béton de mâchefer, mais il faut les établir sur un très bon fond et les

chaîner fortement, car ils se lézardent facilement. Les cheminées doivent être établies sur une très large base de 5 à 8 mètres de côté selon la hauteur. Le fût doit être droit à l'intérieur et non pas à retraites successives. Il faut tous les 4 ou 5 mètres intercaler dans la maçonnerie un cercle en fer d'environ 40 millimètres sur 10 millimètres pour empêcher les crevasses et les fentes. La cheminée doit être garnie à l'intérieur d'un fourreau d'environ 4 mètres de hauteur et $0^m,11$ d'épaisseur en briques réfractaires; ce fourreau est distant de 5 ou 6 centimètres de la maçonnerie de la cheminée pour pouvoir se dilater librement et recevoir le coup de feu sans que la cheminée elle-même en souffre.

III. *Dispositions intérieures.* Il faut s'inspirer des nécessités spéciales à l'industrie dont on s'occupe. On fait un plan d'installation des machines et des services et on en déduit l'endroit où peuvent être placées les colonnes, celles-ci seront le moins possible nombreuses, à la condition de pouvoir trouver aux poutrages des points d'attache pour les transmissions de mouvement, les appareils de chauffage et d'éclairage. On doit autant que possible se préoccuper des modifications que le progrès peut apporter dans la dimension et l'arrangement du mobilier industriel.

Les transmissions seront réduites à leur plus simple expression et surtout on évitera les engrenages autant que possible. Des manufactures très importantes ont pu être construites récemment sans aucun engrenage dans les transmissions; toutes les commandes doivent être faites par courroies ou par câbles en chanvre.

Les coussinets des paliers doivent être à rotules, ce qui facilite considérablement le montage et réduit les résistances passives au minimum. Les manchons seront à frettes, les poulies en fer forgé et en deux pièces, les arbres en acier. On les fera tourner le plus rapidement possible pour réduire au minimum les poids (V. le travail de M. P. Sée dans le *Bulletin 29 de la Société industrielle du nord de la France*). Les courroies seront composées de lanières juxtaposées et croisées à l'effet d'obtenir un tissu homogène et d'éviter les déformations. Pour empêcher le rapide refroidissement de l'atelier en hiver ou la trop grande chaleur en été, en un mot, pour conserver dans l'atelier une température aussi constante que possible, il faut avoir soin de faire deux plafonnages et deux vitrages superposés. Certains ingénieurs ont même construit des murs à double paroi pour y ménager une couche d'air non conductrice; cette précaution est très recommandable. La ventilation doit avoir pour objet d'évacuer au dehors les gaz de la respiration et surtout l'acide carbonique. Celui-ci étant plus lourd que l'air doit être pris à ras du sol. Les colonnes peuvent être disposées pour cet effet. On peut aussi construire des caniveaux dans le dallage pour recueillir ce gaz. On peut activer l'évacuation par le moyen d'une cheminée ou d'un ventilateur mécanique.

Quand le travail ou l'hygiène des ouvriers nécessite une certaine humidité de l'atmosphère comme, par exemple, la filature et le tissage, on peut produire cette humidité de différentes façons, soit par des caniveaux où l'on fait courir de l'eau, soit par des jets de vapeur ou mieux encore en pulvérisant de l'eau à l'aide de la vapeur ou de l'air comprimé. Ce dernier moyen est surtout indiqué quand en été on ne doit pas augmenter la température de l'atelier. Des appareils spéciaux ont été récemment créés pour cet effet dans le nord.

Pour la filature on sature à 80 0/0, pour le tissage à 75 0/0 d'hygrométrie. Pour éclairer les ateliers en rez-de-chaussée, il faut mettre le rampant vitré au nord et lui donner une inclinaison au moins égale au rayon solaire pendant le solstice d'été; de cette façon le soleil ne pourra jamais pénétrer dans l'atelier, ce qui est essentiel. On peut recourir à la lumière électrique pour l'éclairage nocturne, et l'on peut compter qu'avec la lampe soleil et les lampes à incandescence le problème est résolu à très peu de chose près. Les accumulateurs feront le reste (V. Eclairage électrique.

Il faut disposer dans les ateliers des tribunes pour la surveillance, des chemins de fer pour les transports. Les latrines devront avoir accès de l'intérieur pour que les ouvriers ne sortent pas de l'atelier. Ces latrines doivent être ventilées de façon à ce que l'air de l'atelier soit appelé dans la cage des latrines et pénètre dans les lunettes. Une cheminée suffit le plus souvent pour obtenir ce résultat, au besoin on montera un ventilateur d'un système quelconque ou bien on activera le tirage de la cheminée par un bec de gaz.

Il est bon de ménager dans l'usine un réfectoire pour que les ouvriers puissent prendre leur repas, en cas de mauvais temps; une table à vapeur y est installée pour réchauffer les gamelles et en même temps chauffer le local en hiver.

CONSTRUCTION NAVALE. L'art de la construction navale a pour but l'étude, au point de vue pratique, des plans des navires et leur mise à exécution. On doit établir une distinction entre la construction navale proprement dite et l'*architecture navale*. Cette science, que l'on pourrait appeler la *théorie du navire*, comprend l'application des mathématiques et de la mécanique à l'étude du navire considéré comme flotteur et destiné à réaliser de grandes vitesses, de belles qualités nautiques.

La construction navale s'occupe principalement de la réalisation matérielle des plans inspirés par les théories et les calculs de l'architecture navale: elle met en application les modes de construction les plus variés, les plus perfectionnés, tant au point de vue de l'emploi judicieux des matériaux qu'à celui du travail des diverses pièces qui entrent dans la construction. Outre l'édification de la charpente, la construction navale traite tous les détails de l'installation intérieure, de l'*emménagement* du bâtiment, de la confection et de la mise en place des agrès, de la mâture, du gréement, de la voilure, des supports d'embarcations, des cabestans, des ancres, de la cuirasse, des installa-

tions destinées à recevoir ou à desservir les bouches à feu, les moteurs et les propulseurs, etc.

Le constructeur de navires doit donc posséder des connaissances variées comprenant principalement l'architecture navale et la *résistance des matériaux*, qui exigent de fortes études mathématiques, l'art de la construction navale, la technologie des nombreuses matières entrant dans la construction d'un navire et celle des ateliers variés qui accompagnent les chantiers. La mécanique, la physique et la chimie doivent lui être familières à cause des nombreuses applications qu'en fait journellement la marine.

Généralement les ouvrages et les cours de construction navale comportent des développements qui se rattachent directement à l'architecture navale. Celle-ci doit être abordée la première et servir d'introduction à la construction proprement dite. C'est l'ordre que nous suivrons ici.

Le navire est, au point de vue géométrique et mécanique, un flotteur composé de deux parties symétriques par rapport à un plan vertical dit *plan diamétral* ou *longitudinal*. La *flottaison* est le plan horizontal correspondant au niveau de l'eau supposée calme; c'est aussi la section faite dans le flotteur par le plan horizontal ou simplement le contour de cette section. On fait un usage fréquent du mot flottaison sous ces diverses acceptions sans qu'il en résulte de confusion. La portion du flotteur située au-dessous de la flottaison s'appelle *carène* ou *œuvres vives;* la portion au-dessus porte le nom d'*accastillage* ou d'*œuvres mortes*. Pendant la navigation et par suite des mouvements du navire et de l'agitation du liquide environnant, de temps à autre, une partie de la carène se découvre et une partie des œuvres mortes est baignée par l'eau.

La forme de la carène est intéressante à étudier au point de vue géométrique et mécanique, car c'est d'elle que dépend, en partie, le succès du navire. Comme la carène diffère des solides définis géométriquement, on la représente sur les plans par les projections de sections faites suivant diverses directions.

On donne le nom de *quille* à la portion de la charpente servant de point de départ à la construction tout entière et disposée à la partie inférieure de la carène, dans le plan médian. La quille est généralement droite; mais, dans certaines classes de navires, tels que les petits bâtiments à voiles, elle est souvent courbe. Aux extrémités la quille se relève en formant à l'avant ce qu'on appelle l'*étrave* et à l'arrière l'*étambot*. Dans les bâtiments à hélice, on ménage à l'arrière un espace vide nommé *cage de l'hélice* et compris entre deux pièces verticales qui sont l'étambot avant et l'étambot arrière; ce dernier est quelquefois supprimé. Le gouvernail est fixé contre l'étambot arrière ou occupe quelquefois sa place.

La charpente d'un navire se compose toujours de deux parties distinctes: l'ossature proprement dite, ayant pour but la consolidation de la charpente et contribuant à la rigidité de l'ensemble, s'appelle la *membrure* ou les *membres;* elle est formée de pièces plus ou moins reliées les unes aux autres. Le *bordé* est le revêtement extérieur, continu, étanche, à surface à peu près lisse, en contact avec l'eau et formant l'enveloppe de la carène. Son rôle est de réaliser l'étanchéité et, en même temps, de participer à la solidité de la charpente, par sa liaison avec la membrure.

L'étude des propriétés du navire considéré comme flotteur n'exige que la connaissance de la position du centre de gravité total et des formes de la carène proprement dite, c'est-à-dire de la surface extérieure du bordé. Cette surface est fournie par les *plans des formes* ou *plans hors bordé* ou *plans hors bordages*.

La confection des diverses pièces de membrure, surtout lorsqu'il s'agit d'une construction en bois, est grandement facilitée par la représentation, sur les plans de la surface intérieure, du bordé ou surface extérieure à la membrure. C'est dans ce but que sont tracés les plans dits *hors-membres* ou *hors-membrure*.

Plans de navires. Les plans des formes ne sont tracés qu'à échelle réduite ($0^m,015$ par mètre dans les arsenaux de l'Etat); les tracés en vraie grandeur, que l'on exécute à la *salle des gabarits*, sont le plus souvent des tracés hors-membres; ce sont des plans de construction. L'ensemble des dimensions relevées sur un plan constitue le *devis de tracé*. Pour tracer les plans de navire, on limite la carène à deux lignes verticales dites *perpendiculaires* et correspondant aux extrémités avant et arrière et dont la position doit être bien nettement spécifiée dans le devis de tracé. Leur distance est la *longueur du navire entre perpendiculaires*. La largeur est celle de la flottaison au milieu ou la plus grande que présente le navire.

La surface de la carène rencontre les faces de la quille, de l'étrave et de l'étambot suivant des lignes droites ou courbes qui sont les *traits extérieurs de rablure* dans les plans hors bordé et les *traits intérieurs* dans les plans hors membrure. La distance en dessous de la flottaison du trait extérieur ou inférieur de la rablure de quille au milieu de la longueur est dite *profondeur de carène*.

En général, les navires ne naviguent pas la quille horizontale, c'est-à-dire parallèle à la flottaison; on appelle *tirants d'eau, avant, milieu et arrière*, les distances en dessous de la flottaison du dessous de la quille aux extrémités et au milieu de la longueur. Le tirant d'eau arrière est en général le plus grand; l'excès sur celui de l'avant est la *différence de tirant d'eau:* cet élément important au point de vue des qualités nautiques et de l'efficacité du propulseur constitue l'*assiette* du navire.

Quand la quille s'est infléchie sous l'influence de fatigues éprouvées pendant la navigation et de l'excès de charge des extrémités, le tirant d'eau milieu diffère du tirant d'eau moyen: on dit que le navire a pris de l'*arc*. Le *contre-arc* serait l'inverse, c'est-à-dire l'excès du tirant d'eau milieu sur le tirant d'eau moyen.

Le tirant d'eau milieu est égal à la profondeur de carène, plus la hauteur de la face de la quille

dite *tableau de quille*. Des chiffres peints ou cloués sur les faces de l'étrave et de l'étambot et au milieu de la longueur permettent de lire à chaque instant les différents tirants d'eau. Ce sont les *échelles*, de tirant d'eau.

Le tracé est plus simple quand on suppose la flottaison parallèle à la quille, aussi l'exécute-t-on le plus souvent en se réservant de corriger ultérieurement les résultats pour tenir compte de l'inclinaison normale de la quille.

Quelques constructeurs suivent une pratique différente et tracent les plans en supposant la quille inclinée. Les calculs effectués sur ces plans dits *en différence*, sont plus exacts mais sont un peu moins simples.

Les tracés comportent une projection sur le plan longitudinal ou diamétral, qui est un plan de symétrie: cette projection comprend le contour de l'étrave, de la quille, de l'étambot et la vue de l'accastillage, les sections parallèles au diamétral ou sections longitudinales.

On figure aussi le *vertical* contenant les projections, sur un plan vertical perpendiculaire ou diamétral, des sections parallèles équidistantes nom-

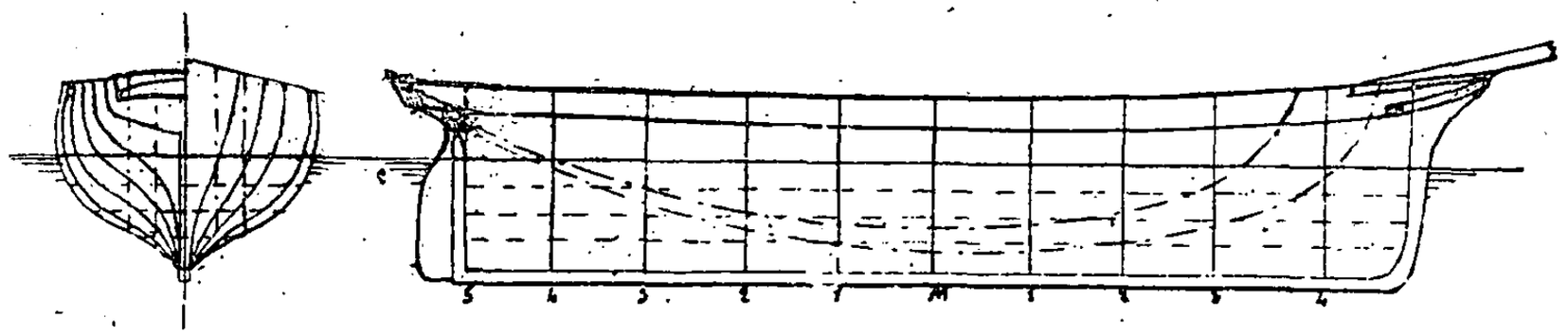


Fig. 460. — *Plan vertical.* Fig. 461. — *Plan longitudinal.*

mées *couples*, parce qu'elles correspondent en général aux portions de la membrure portant ce nom. La section faite au milieu de longueur est dite *maîtresse section* ou *maître couple:* elle présente généralement les plus grandes dimensions.

Comme le navire est symétrique par rapport au diamétral, on se contente de figurer sur le vertical d'un côté de l'axe, les couples de la portion située à l'arrière du maître couple et de l'autre les couples de l'avant. On projette sur un plan horizontal les sections faites horizontalement et appelées *lignes d'eau* ou *flottaisons*.

Les lignes tracées sur les œuvres mortes et correspondant aux divers étages ou *ponts* sont courbes et portent le nom de *livets* ou *lisses à double courbure:* on les projette également sur les trois plans ci-dessus. Enfin pour définir avec plus de précision les portions de la carène que les sections précédentes attaqueraient trop obliquement et sur lesquelles règnerait de l'indécision, on ajoute sur le plan horizontal le rabattement de sections faites par des plans obliques, perpendiculaires au maître couple et appelées *lisses planes*.

Nous donnons ici un specimen de plan de forme en réduisant le nombre des sections pour rendre plus clair le dessin exécuté à une échelle trop réduite (fig. 460 à 462).

Un tel plan permet de rédiger le devis de tracé

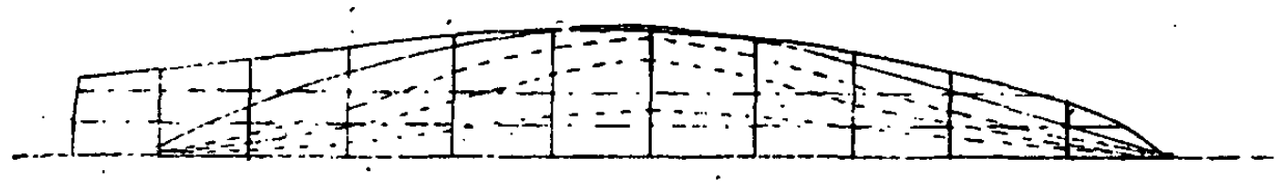


Fig. 462. — *Plan horizontal.*

qui comporte les ordonnées ou distances au plan longitudinal des divers points de la surface de la carène. En appliquant les méthodes de quadrature on obtient avec une approximation suffisante les données géométriques nécessaires telles que les volumes de la carène pour différents tirants d'eau ainsi que les positions des centres de carène, les surfaces des flottaisons, du maître couple, etc.

Ces calculs et tableaux numériques (dits de *déplacement*) sont effectués en France par l'application de la méthode de quadrature dite *des trapèzes:* elle est d'un usage simple mais elle exige, pour être suffisamment exacte, l'emploi d'un assez grand nombre de sections. Généralement on divise la longueur en vingt tranches et la profondeur de carène en dix. Une partie des résultats fournis par les calculs est reproduite graphiquement sur le plan, au moyen de courbes dites *échelles de déplacement* ou de *solidité*. On les trace en portant sur chaque ligne d'eau horizontalement, à partir d'un axe vertical quelconque, des longueurs proportionnelles aux déplacements, etc. correspondant à chacune d'elles. Les extrémités de ces ordonnées constituent les séries de courbes précitées. Pour effectuer les plans de navires, les dessinateurs font usage de lattes minces et flexibles que l'on peut appliquer le long des courbes et que l'on maintient en place au moyen de plombs.

Déplacement. Une partie de l'architecture navale est consacrée à la théorie géométrique et mécanique du navire considéré comme flotteur. On y étudie les conditions d'équilibre et la stabilité de l'équilibre. D'après le principe d'Archimède appliqué à tous les corps flottants, le poids du liquide déplacé par la carène doit être égal à celui du navire: ce poids porte le nom de *déplacement*. Lorsque le navire flotte dans l'eau douce dont le poids spécifique est 1, le déplacement et le vo-

lume de la carène sont exprimés par le même nombre, l'un en tonneaux et l'autre en mètres cubes. Dans l'eau de mer le déplacement est égal au volume de la carène multiplié par le poids spécifique de l'eau de mer que l'on prend égal à 1,026.

On appelle *centre de carène,* le centre du volume de la carène : c'est le point d'application de la poussée hydrostatique, verticale, de bas en haut et égale au déplacement, tandis que le poids du corps est appliqué de haut en bas au centre de gravité du navire.

Stabilité. Pour l'équilibre il faut que le centre de gravité et le centre de carène soient sur la même verticale. Il reste à savoir si l'équilibre est stable, c'est-à-dire si le navire étant légèrement incliné par rapport à sa position d'équilibre tend à y revenir. L'effet de l'inclinaison donnée au navire est de porter du côté où le navire se couche le centre de la carène dont nous supposerons le volume constant (fig. 463). Le navire est alors soumis à un

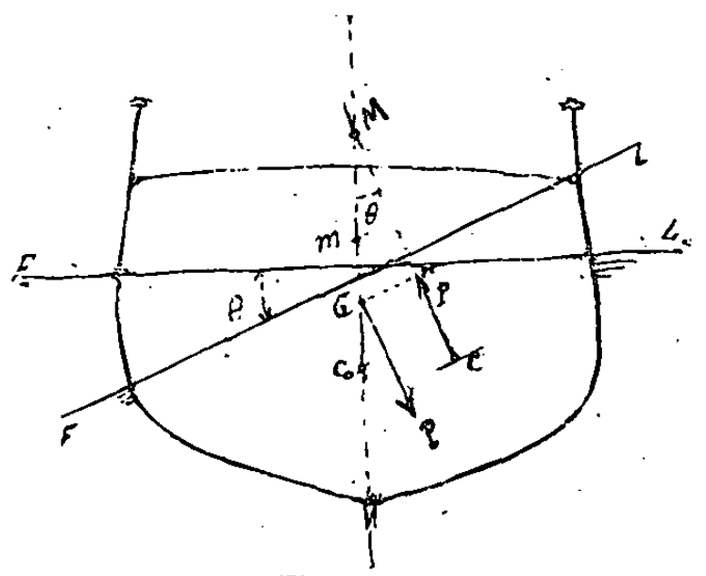


Fig. 463.

couple P, P, dont le bras de levier est la distance du centre de gravité G, à la verticale menée par le nouveau centre de carène C. Si θ est l'angle d'inclinaison, $GC_0 = a$ (c'est-à-dire la hauteur au repos du centre de gravité au-dessus du centre de carène primitif C_0), $C_0M = H$, hauteur au-dessus de C_0 du point de rencontre avec l'axe de la verticale en C_0 nouveau centre de carène, on a pour le couple

$$P \times \overline{GH} = P.\overline{GM}\sin\theta = P(H-a)\sin\theta$$

Il y a une tendance au redressement, c'est-à-dire stabilité dans l'équilibre si le couple est constitué comme sur la figure, c'est-à-dire si M est au-dessus de G. Bouguer, savant mathématicien du siècle dernier, qui a le premier étudié cette question, a donné le nom de *métacentre* au point M. Après lui, Euler, Dupin, Duhamel, Reech, etc., ont développé la théorie de la stabilité des corps flottants.

Quand l'inclinaison devient de plus en plus petite et se réduit à zéro, le centre de carène C se rapproche de C_0 et finit par se confondre avec lui, mais le métacentre M tend vers une position limite *m* qui doit être au-dessus de G pour que l'équilibre soit stable. On a supposé que l'inclinaison avait lieu autour d'un axe longitudinal, cas le plus défavorable pour la stabilité.

Dans l'étude de la stabilité on est conduit à étudier la courbe des centres de carène et sa développée qui porte le nom de *développée métacentrique*. Le tracé de cette courbe joue un grand rôle dans l'étude à *priori* des qualités nautiques du navire.

Depuis quelques années, on fait intervenir la *courbe de stabilité dynamique* qui est formée en portant en abscisses les inclinaisons et en ordonnées les bras de levier GH ou $(H-a)\sin\theta$ des couples de stabilité. Cette courbe permet de se rendre compte de l'inclinaison ou *bande* que le navire prendra sous l'influence de forces extérieures et du degré de sécurité qu'il présente. Ces études sont moins nécessaires pour les navires de haut bord et établis sur les types connus et expérimentés depuis longtemps que pour les monitors ou garde-côtes. Ces bâtiments militaires ont des formes spéciales commandées par les exigences de l'artillerie. Des inclinaisons normales pour d'autres navires peuvent avoir pour eux des conséquences désastreuses que l'inspection des développées métacentriques et courbes de stabilité permet de prévoir.

Des calculs analogues permettent de déterminer les inclinaisons longitudinales produites par des déplacements de poids dans le sens de la longueur et dont l'effet est de modifier l'assiette du navire, c'est-à-dire sa différence de tirant d'eau.

Propulsion. Au point de vue de la marche, c'est-à-dire au point de vue de la vitesse communiquée au navire par les propulseurs, l'architecture navale traite la question de la résistance des carènes. On ne peut calculer mathématiquement les résistances qu'éprouve un corps que l'on déplace dans un fluide ; par des expériences méthodiques exécutées soit sur des corps de formes géométriques et de dimensions diverses, soit sur de petits modèles de navires, et le plus généralement sur les navires eux-mêmes, on est parvenu à des formules plus ou moins complexes reliant la résistance à la vitesse et aux dimensions de la carène. On admet généralement (comme formule empirique rendant suffisamment compte des faits) que la résistance d'une carène se déplaçant suivant son axe est proportionnelle au carré de la vitesse et à l'aire immergée du maître couple que l'on désigne par B^2

$$R = K B^2 V^2$$

K étant un facteur variant peu pour les divers types de navires.

Il en résulte que le travail à développer dans l'unité de temps est

$$RV = K B^2 V^3$$

c'est-à-dire que la puissance développée en chevaux-vapeur F doit être proportionnelle à B^2V^3 ; c'est ce qu'on exprime par la formule usuelle

$$V = M\sqrt[3]{\frac{F}{B^2}}$$

F étant la puissance développée sur les pistons en chevaux-vapeur, V étant la vitesse en nœuds (1).

(1) Les marins comptent la vitesse en nœuds. Une vitesse de 1 nœud est celle d'un navire franchissant 1,852 mètres par heure ou 0m,514 par seconde.

M un coefficient variant peu pour les navires d'un même type et de dimensions peu différentes. Les valeurs de M varient en général entre 3 et 4 et dépassent rarement cette dernière limite. Ce coefficient d'utilisation comprend le rendement du moteur et celui du propulseur, c'est donc un terme fort complexe: il augmente avec la finesse des formes et la grandeur du navire, il diminue, pour un même bâtiment, quand la vitesse augmente.

Une formule de résistance doit tenir compte de la surface mouillée de la carène, le frottement du liquide sur les parois jouant un rôle important: malheureusement il en résulte des termes fort compliqués et difficiles à évaluer.

Avec les propulseurs mécaniques la direction de la propagation est sensiblement celle de l'axe; tandis qu'avec les voiles on a généralement une route oblique à la direction du vent. Il en résulte que la translation définitive du navire est oblique à la fois à son axe et à la direction même du vent. On appelle *dérive* l'angle de la route suivie avec l'axe longitudinal du navire; la dérive dépend de l'orientation des voiles, de l'obliquité de la route avec la direction du vent et des formes de la carène.

Gouvernail. La route due à l'effet du propulseur mécanique ou du vent sur les voiles est modifiée par le jeu du gouvernail, sorte de plan mince fixé généralement à l'arrière du navire, et mobile autour d'un axe vertical ou légèrement incliné sur la verticale. Lorsque le plan du gouvernail coïncide avec le plan longitudinal du navire, il ne produit aucun effet, mais lorsqu'il est orienté d'un côté ou de l'autre, il reçoit par suite de la vitesse du navire le choc des filets liquides. Il en résulte un effort de redressement, qui a pour effet de faire tourner le navire de telle sorte que son avant se dirige du côté où le gouvernail a été orienté. Cet effet est d'autant plus marqué que le gouvernail est plus grand, que la vitesse du navire est plus grande, que les formes de la carène permettent davantage l'arrivée de l'eau sur le gouvernail, et enfin il dépend de l'angle d'orientation. Il augmente avec l'angle lorsque celui croît de 0 à 40° environ; au delà il n'y a plus avantage à orienter le gouvernail, il a dépassé son maximum d'effet. — V. Gouvernail.

Roulis, tangage. Pour achever les données générales d'architecture navale, il faut indiquer à grands traits ce qu'on entend par *roulis* et *tangage*. Lorsque le navire a été dérangé de sa position d'équilibre, il tend à y revenir par l'effet des couples de stabilité, mais il subit une série d'oscillations de durées et d'amplitudes diverses qui ont reçu les noms de *roulis* lorsqu'elles ont lieu transversalement, et de *tangages* lorsqu'elles ont lieu dans le sens de la longueur.

Ainsi, sur une mer calme, une impulsion communiquée au navire par une cause extérieure, ou par un déplacement de poids à bord, donne lieu à une série d'oscillations régulières diminuant progressivement d'amplitude et comparables à celles d'un pendule dérangé de sa position d'équilibre et abandonné à lui-même. La stabilité transversale étant beaucoup plus faible que la stabilité longitudinale, les mouvements de roulis sont beaucoup plus amples que les mouvements de tangage. Ce sont d'ailleurs ceux qu'il y a le plus d'intérêt à considérer.

L'expérience et la théorie montrent qu'à l'instar du pendule, les petites oscillations sont isochrones; la durée est donnée par la formule

$$T = \sqrt{\frac{I}{P(r-a)}}$$

T étant la durée d'une oscillation, I le moment d'inertie du navire autour d'un axe longitudinal passant par le centre de gravité; P le déplacement, $(r-a)$ est la hauteur du métacentre transversal correspondant à de petites inclinaisons au-dessus du centre de gravité.

L'agitation de liquide produite par le roulis et les frottements du liquide sur la surface de la carène ont une influence analogue à la résistance de l'air sur un pendule ordinaire: c'est-à-dire qu'ils contribuent à éteindre les oscillations sans agir sensiblement sur leurs durées. Pour diminuer le nombre des oscillations, il y a intérêt à donner à la carène des formes présentant une grande résistance au mouvement de roulis. Dans ce but, on dispose quelquefois des quilles latérales dans la partie milieu.

Quand le navire se trouve flotter sur une mer agitée, il est soumis à des mouvements complexes qui comportent à la fois des coups de roulis et des coups de tangage: lorsqu'il subit l'action d'une houle régulière il éprouve alors des mouvements plus réguliers, plus faciles à observer. On remarque alors que la durée des roulis diffère peu de ce qu'elle est sur une mer calme et que les mouvements sont d'autant plus amples que les chocs des vagues coïncident avec les oscillations de roulis. On dit alors que le navire et la houle sont synchrones. En pratique, on cherche à éviter cette circonstance, en donnant aux navires des moments d'inertie et des stabilités telles que la durée T diffère notablement des périodes des houles que l'on rencontre le plus fréquemment. Ces considérations ne se rapportent qu'aux grands navires; pour les petits bâtiments et les embarcations dont les moments d'inertie sont très faibles, il ne faut pas songer à réaliser de grandes durées d'oscillations; on s'attache alors à leur donner une stabilité suffisante pour naviguer à la voile dans de bonnes conditions. Sur les grands navires, cuirassés, paquebots, etc., qui ne sont pas destinés à porter de grandes voilures, on peut réduire sans grand inconvénient la stabilité transversale et accroître ainsi la durée d'oscillation de manière à dépasser notablement la période des grandes houles. On est parvenu par ce moyen à réaliser des navires roulant très peu.

Les mouvements de tangage et de roulis ont de grands inconvénients; ils incommodent les personnes peu habituées à la navigation, ils fatiguent les équipages, provoquent des efforts nuisibles dans la charpente et le gréement, gênent les manœuvres et, en particulier, le tir de l'artillerie.

Construction en bois. On construit les navires soit en bois exclusivement, soit en fer, soit en bois et fer; pendant longtemps le bois a été seul employé; aujourd'hui on ne construit guère en bois sans faire usage de liaisons en fer, beaucoup plus solides, plus légères et moins encombrantes que les liaisons en bois.

La charpente des navires en bois consiste essentiellement en une membrure et un bordé; la membrure est composée de pièces de bois assemblées comme les fermes d'une charpente renversée.

Le *couple* est la juxtaposition de deux fermes voisines accolées suivant leurs faces de *gabarriage* et dont les pièces de bois se croisent deux à deux et sont solidement reliées par des chevilles ou goujons en fer zingué.

L'espacement des couples varie avec les dimensions des navires : dans les anciens navires de guerre on les rapprochait afin de présenter un obstacle au passage des boulets. Les couples sont en général perpendiculaires à la quille sur laquelle ils portent par leur partie médiane, appelée *varangue* et posée en croix avec la quille et chevillée avec elle.

La quille est formée elle-même de pièces de bois assemblées avec de longs écarts et chevillées ensemble au moyen de goujons ou boulons en cuivre. On rapporte en dessous une pièce additionnelle appelée *fausse quille*, destinée à supporter l'effet des échouages, et fixée simplement par des clous en cuivre. L'*étrave* et l'*étambot* sont également formés de pièces de bois assemblées avec écarts et chevillées ensemble : la jonction de la quille et de l'étrave se fait par une pièce de bois appelée *brion*. L'étrave reçoit, en outre, des pièces de bois appelées *taille-mer* et *guibres* qui ne font pas partie de la charpente proprement dite, de l'ossature générale du navire.

Dans la région centrale et sur une grande partie de la longueur, les couples ont leur face de jonction plane ; aux extrémités du navire, à cause des formes tourmentées de la carène, on dispose les couples obliquement par rapport à la quille, ou bien on les façonne suivant des contours courbes ou brisés : ce sont les *couples obliques*, *cylindriques* ou *dévoyés*.

La charpente de l'arrière se construit de différentes façons: autrefois tous les navires sans exception avaient des arrières dits *carrés* : aujourd'hui la plus grande partie des navires de commerce ont des arrières carrés plus ou moins simplifiés, tandis que les bâtiments de guerre ont des arrières *ronds* ou même *pointus*. Ces dernières formes, surtout pour les navires de grandes dimensions, procurent une solidité et une légèreté beaucoup plus grandes que celles des arrières carrés de l'ancienne flotte.

On distingue dans les arrières la *voûte*, l'*arcasse*, le *tableau* ou *écusson* : le massif arrière est la réunion des pièces de bois reliant l'étambot à la quille et s'élevant plus ou moins haut dans l'axe du bâtiment pour consolider l'arrière.

Le même rôle est joué à l'avant par le *massif avant* et les *marsouins*. En général les avants ne comportent plus guère qu'une étrave élancée avec taille-mer, le tout tenant lieu de guibre.

La surface extérieure de la membrure reçoit le revêtement définitif ou bordé formé par des bordages ou madriers disposés à peu près normalement aux couples et juxtaposés. On les fixe à la membrure au moyen de chevilles métalliques et surtout de chevilles en bois dites *gournables*. On a soin de croiser les abouts des bordages pour ne pas créer de lignes de rupture. Aux extrémités du navire les bouts des bordages aboutissent dans des rainures pratiquées dans l'étrave et

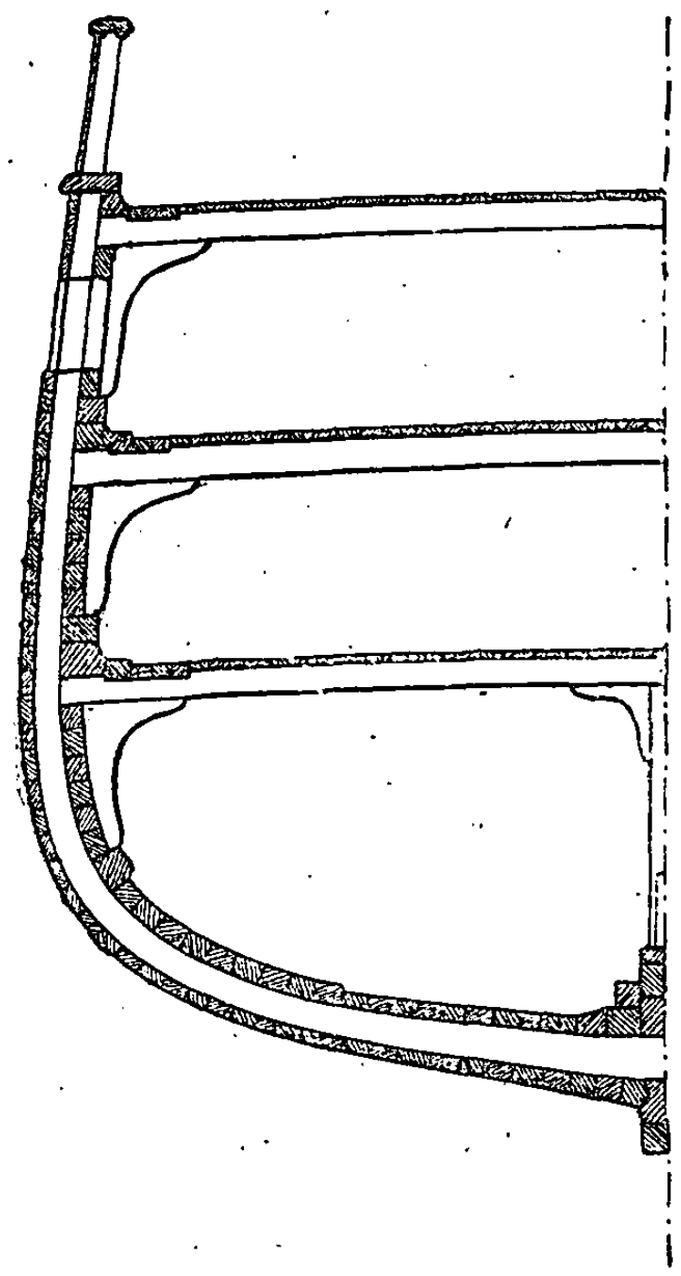


Fig. 464. — *Coupe d'un navire en bois.*

l'étambot, dites *rablures ;* à la partie inférieure près de la quille et de chaque côté les bordages sont plus larges et plus épais (fig. 464), afin de donner plus de solidité aux fonds et s'appellent *galbords*. Le dernier galbord a une face plane et une autre en angle pénétrant dans la *rablure de quille*.

On rend le bordé complètement étanche et on accroît la solidité de l'ensemble en *calfatant* les *joints* des bordages, c'est-à-dire en introduisant avec force des brins d'étoupes entre les faces de jonction. Le bordé de la carène est recouvert en général d'un doublage métallique cloué, soit directement, soit après interposition de feutre goudronné. On fait usage de feuilles en laiton ou de cuivre rouge. L'oxyde métallique est peu adhérent et la carène se maintient propre pendant un temps assez long. La propreté et le poli de la ca-

rène ont une grande influence sur la résistance à la marche et, par suite, sur la vitesse du navire. Aussi doit-on nettoyer fréquemment la surface du doublage et maintenir la carène en bon état. Quelquefois on emploie par économie pour doubler les petits navires ou les chalands des feuilles de zinc ou de tôle zinguée. Ce doublage se conserve longtemps, mais sa surface est moins propre et moins lisse que celle du laiton ou du cuivre rouge.

Les petits bâtiments de commerce, les caboteurs et les bateaux de pêche se contentent d'enduire la surface de la carène de peintures ou d'enduits tels que le coaltar. Les petites embarcations sont seulement mastiquées et peintes, la faible épaisseur du bordé ne permettant pas le calfatage ni l'application du doublage.

Les bordages situés au-dessus de la flottaison reçoivent de fortes dimensions et contribuent puissamment à la solidité et à la rigidité de la coque: ceux qui sont ainsi renforcés prennent le nom de *préceintes*. A l'intérieur les deux branches d'un même couple sont reliées par les *baux* ou *barrots* des divers *ponts*, ce sont des pièces de bois de grande longueur et de fort équarrissage et, pour cette raison, on les compose le plus ordinairement de deux ou même de trois pièces assemblées à écarts longs, et fortement boulonnées. Les baux ont leur face supérieure légèrement courbe, c'est ce qu'on appelle le *bouge* du barrot. Leurs extrémités viennent s'introduire dans des entailles pratiquées dans les *bauquières*, virures du bordé intérieur dont il sera question tout à l'heure. De plus, on soutient les baux en leur milieu par des *épontilles*, sortes de colonnes en bois ou en fer reposant par leur pied sur le milieu des baux du pont inférieur et, en dernier lieu, sur la *carlingue*. Au-dessus des varangues des couples et dans le sens de l'axe on fixe une série continue de pièces de bois reliées entre elles et à la quille à travers les varangues : cet ensemble qu'on pourrait appeler quille intérieure porte le nom de *carlingue;* elle contribue, dans une forte mesure, à la consolidation des fonds; elle reçoit les pieds des épontilles qui soutiennent les baux du pont inférieur.

On augmente la solidité de la coque en remplissant complètement par des pièces de bois de petites dimensions, mais jointives, les intervalles vides laissés entre les couples, dans la partie basse. On donne le nom de *mailles* aux espaces vides formés par les couples. Si on ne prenait la précaution de remplir les fonds et de les rendre complètement étanches, indépendamment du bordé extérieur, les mailles des fonds formeraient autant de cellules où se ramasseraient les eaux de la cale. Aussi a-t-on l'habitude, lorsque les fonds ne sont pas pleins, de pratiquer dans les varangues de petits conduits appelés *anguillers*, pour faciliter la circulation de l'eau et lui permettre de se rendre aux pieds des pompes d'épuisement. Les fonds pleins ont encore l'avantage de rendre les échouages moins dangereux.

Sur la face intérieure de la membrure, on applique un bordé de consolidation appelé *vaigrage;* il règne dans la plus grande partie du bâtiment et souvent on donne aux vaigres des directions obliques, par rapport à celle du bordé extérieur, pour augmenter la rigidité de la coque. Dans le même but, on relie les surfaces intérieures ou extérieures des couples par des bandes de fer posées à plat, encastrées et chevillées qu'on nomme *lattes*. A la hauteur des ponts, les vaigres sont remplacés par des pièces plus fortes appelées *bauquières* et *sous-bauquières* et destinées à soutenir les barrots ; elles sont chevillées entre elles verticalement et avec les couples horizontalement.

Les baux du pont inférieur, ou *faux-pont*, reposent soit sur une virure de vaigrage, soit sur une *ceinture* rapportée sur le vaigrage lui-même.

Les séries de barrots des divers couples et correspondant sensiblement à la même hauteur et reposant, par suite, sur une même ligne de bauquières, constituent *un pont;* on les recouvre, dans le sens de la longueur, d'un *bordé* continu, jouant le rôle de plancher et contribuant en outre à la solidité de la construction. On appelle *entrepont* l'espace compris entre deux ponts; les entreponts sont destinés aux logements et à l'installation des pièces d'artillerie. Dans les bâtiments de commerce, le nombre des ponts est restreint, on n'y compte généralement que le pont des *gaillards*, à l'air libre et destiné à la manœuvre des voiles, et le *faux pont*, situé directement au-dessus de la cale. L'entrepont du faux pont sert au logement de l'équipage et reçoit aussi des marchandises. La *cale* est l'espace plus ou moins vaste compris entre la carlingue, le vaigrage et le faux pont: elle est divisée en un certain nombre de compartiments et reçoit le chargement.

Aux extrémités des navires et sur le pont des gaillards, on installe le plus souvent des ponts légers appelés *teugues* à l'avant, et *dunettes* à l'arrière. L'espace recouvert par la dunette est consacré au logement du capitaine, et la teugue sert à abriter les hommes de service contre le mauvais temps.

En divers points du pont des gaillards, on installe de petites constructions légères appelées *roofs* ou *roufles* et destinées à abriter les cuisines, la roue du gouvernail, etc., et quelquefois à servir de logement.

Dans les bâtiments de guerre, surtout dans ceux de l'ancienne marine, on disposait plusieurs étages de ponts, recevant chacun une nombreuse artillerie. Sur le pont des gaillards, on ne disposait que des pièces légères, installées en *batterie barbette*. En dessous du pont des gaillards se trouvaient les entreponts des diverses batteries; la plus basse était dite la batterie basse ou première batterie ; au-dessus, la seconde batterie, etc. Les vaisseaux à trois ponts comportaient trois batteries, non compris celle des gaillards: les vaisseaux à deux ponts en comportaient une de moins. Les frégates et les corvettes à batteries ou petites frégates n'avaient qu'une batterie. Les corvettes à batterie barbette et les bâtiments de rangs inférieurs n'avaient plus de batterie couverte et ne recevaient de canons que sur les gaillards. — V. Batterie, § III.

La membrure se prolonge souvent au-dessus du pont des gaillards et reçoit un bordé extérieur

et intérieur formant les *pavois* des gaillards; les pavois, comme d'ailleurs la coque proprement dite, sont percés d'ouvertures appelées *sabords* et destinées au passage des bouches à feu. En temps ordinaires, les sabords sont fermés par des panneaux à charnières dits *mantelets* de sabord, mais on y ménage une ouverture circulaire de petites dimensions et remplie par un verre plan ou lenticulaire appelé *hublot*, et destiné à éclairer l'entrepont pendant la fermeture des mantelets.

Tous les bâtiments possèdent un faux pont, placé, soit au-dessous du pont des gaillards, soit au-dessous du pont de la première batterie. Comme l'entrepont du faux pont est voisin de la flottaison, on l'éclaire souvent en pratiquant dans la coque un peu au-dessus de l'eau, des hublots. Dans la plupart des navires, au-dessous du faux pont, on installe une *plate-forme* ou pont léger destiné à subdiviser la cale.

Pour la circulation du personnel, l'embarquement et le débarquement des marchandises, et aussi pour l'aération des entreponts et de la cale, on ménage dans chaque pont des ouvertures rectangulaires plus ou moins grandes appelées *écoutilles* ou *panneaux*, que l'on peut fermer avec des panneaux pleins. Les écoutilles sont entourées de cadres en charpente nommés *surbaux d'écoutilles*, qui forment, sur le bordé environnant, une saillie plus ou moins prononcée, destinée à arrêter et à empêcher de tomber dans la cale les eaux répandues sur le pont. Les écoutilles ou panneaux sont toujours compris, de l'avant à l'arrière, entre deux barrots; ils sont limités latéralement par des pièces de bois nommées *entremises*.

Lorsque l'espacement entre les barrots est trop considérable, on augmente le soutien du bordé de pont par l'adjonction de *traversins* et de *barrotins* ou *faux baux*.

Le passage des mâts s'opère, à travers les ponts, entre deux baux consécutifs, par des ouvertures de forme elliptique nommées *étambrais*, limitées latéralement par des *entremises*, et dans le sens de la longueur, par des coussins qui permettent de faire varier l'inclinaison des mâts. Des coins en sapin introduits entre le mât et les coussins forment un véritable encastrement.

Des échelles en bois disposées dans les entreponts et au milieu des écoutilles, servent à la circulation du personnel; elles sont facilement démontables, pour laisser passer les marchandises.

Le bordé de chaque pont se compose d'un grand nombre de virures parallèles fixées au moyen de clous sur les barrots; on rend le pont étanche et on augmente sa rigidité en le calfatant à l'instar du bordé de carène et en versant dans les coutures du brai chaud.

En abord, le long de la muraille, c'est-à-dire des membres, on dispose des *fourrures de gouttière*, dont une face s'applique contre les couples et dont l'autre s'appuie sur les baux, en s'ajustant à l'aide d'entailles en queue d'aronde, comme la bauquière. La fourrure de gouttière est chevillée avec la muraille, par des chevilles traversant les préceintes, et avec les baux, par des chevilles pénétrant dans les bauquières. Ces pièces jouent un rôle important dans la solidité de la construction.

A côté des fourrures de gouttière, on dispose une ou deux *virures de gouttières*, qui commencent le bordé proprement dit du pont.

Le revêtement intérieur des batteries est complété par les *vaigres bretonnes* et les *virures d'entre sabord;* ces dernières ne servent qu'à clore la muraille ; le bordé extérieur l'est par les *petites préceintes* et les *bordages d'entre-sabords*. Les sabords sont limités, à leur partie supérieure, par une pièce de bois horizontale dite *sommier*, et à leur partie inférieure, par le *seuillet*.

Dans le sens de la longueur, les ponts présentent une courbure plus ou moins prononcée que l'on nomme *tonture;* les extrémités sont notablement plus élevées que la région milieu. La tonture est accusée à l'extérieur par la courbure des préceintes, des lignes de sabords, etc., qui suivent les *livets des ponts* correspondants.

La hauteur d'entrepont varie avec les batteries et avec les bâtiments; dans les petits navires, la faible hauteur sous barrots est une gêne sérieuse pour la circulation. On donne généralement de $1^m,72$ à $1^m,80$. Lorsque l'on destine le bâtiment au transport des chevaux, on donne $2^m,15$.

La muraille proprement dite s'arrête généralement à une pièce de bois qui fait tout le tour du pont des gaillards et que l'on nomme *plat bord*. Des *allonges* ou *batayolles* traversent le plat bord en continuant, pour ainsi dire, la membrure, et reçoivent à l'extérieur un bordé léger qui constitue les *pavois du gaillard*. La partie supérieure est formée par la *lisse d'appui*, ou *rabattue*, ou *lisse de garde-corps* ; c'est un bordage posé à plat et assemblé à tenon sur chaque allonge.

La jonction des baux avec la muraille exige l'attention du constructeur, car c'est un des éléments importants de la solidité de la charpente. On doit s'efforcer d'assurer la rigidité de la liaison du barrot avec le couple, en empêchant la déformation de l'angle. On y arrivait autrefois en faisant usage de *courbes en bois* ou *taquets*, chevillés avec l'un et l'autre ; aujourd'hui, on consolide les taquets en bois avec des armatures de fer, et le plus souvent, on remplace le tout par des courbes en fer sous les baux.

Dans les navires de commerce, on écarte le plus souvent l'emploi de courbes en bois ou en fer sous les barrots, à cause de l'encombrement et de la gêne qui en résultent pour la cale, et on leur substitue des courbes horizontales entre barrots.

Les épontilles servent également à consolider la charpente; on les fait en bois ou en fer plein ou creux. Elles sont solidement fixées par la tête aux barrots et au pied sur le bordé du pont. On augmente encore la solidité des fonds, surtout aux extrémités en rapportant, par dessus le vaigrage et les carlingues, des sortes de couples s'élevant jusqu'au pont de la première batterie et appelés *porques*.

Le pied du *grand mât* et du *mât de misaine* viennent reposer sur la carlingue ; ils sont encastrés dans une espèce de caisse nom-

mée *l'emplanture* du mât. Dans les navires à hélice, le grand mât se trouve souvent situé au-dessus de l'arbre du propulseur; on l'arrête alors à une certaine hauteur et on le termine par une *étance en fer* composée de deux branches parallèles, passant de chaque côté de l'arbre et reposant, par leurs extrémités, sur l'emplanture proprement dite. L'emplanture du mât *d'artimon* est reportée dans le faux-pont.

Aux extrémités, on consolide les virures de bordé par l'addition de *guirlandes* analogues aux porques, placées par dessus le vaigrage et normalement aux marsouins.

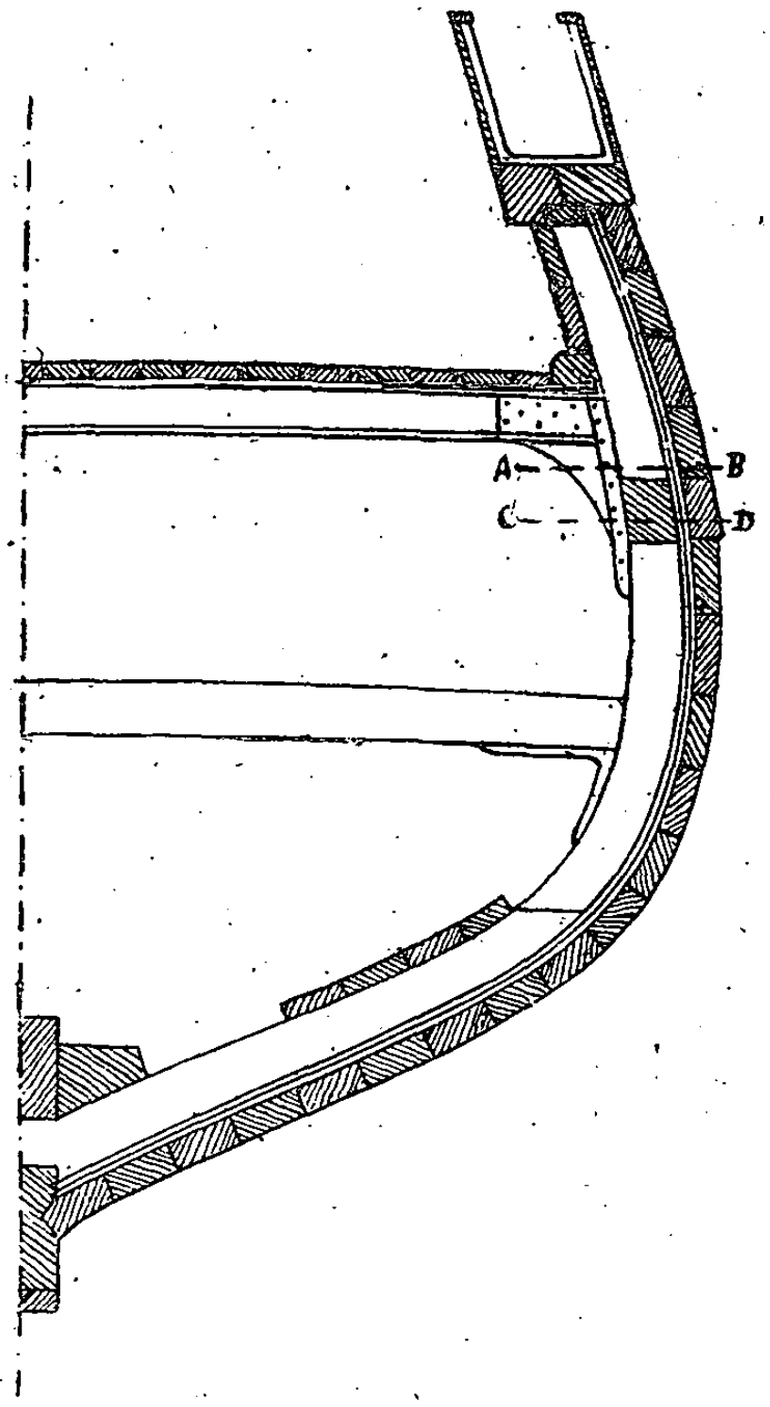


Fig 465. — *Section d'un navire construit en bordages croisés.*

Enfin, l'arrière est consolidé par l'addition de tirants en fer.

Dans les navires à hélice, on ménage un conduit cylindrique dans le massif de l'arrière, qui est renflé dans ce but; il est garni intérieurement d'un manchon en bronze et terminé, à l'intérieur, par une presse-étoupe qui entoure l'arbre et s'oppose à l'arrivée dans la cale de l'eau qui circule normalement à l'intérieur du tube, autour de l'arbre. La poussée de l'hélice se transmet de l'arbre au navire par l'intermédiaire de la butée; c'est une sorte de palier à cannelures que traverse l'arbre; il est solidement relié au massif arrière par des boulons, tirants, etc.

Les chaudières, machines, etc., sont établies sur des planchers disposés dans le fond de la cale et composés de carlingues centrales et latérales et d'entremises.

Construction en bordages croisés. On emploie quelquefois un système de construction tout particulier, qui procure aux navires une rigidité très grande avec un poids de coque normal. Les revêtements extérieurs sont remplacés par trois couches de bordages superposées : les deux premiers à angle droit et inclinés à 45°, par rapport à la membrure, et le troisième dirigé comme le bordé ordinaire. Tous ces bordages chevillés ensemble forment un ensemble très solide, résistant parfaitement à la flexion. La membrure n'est plus qu'un accessoire; aussi donne-t-on aux couples de faibles échantillons (fig. 465 et 466).

Le *Victoria and Albert*, yacht de la reine d'Angleterre, est un des types les plus importants de la construction en bordages croisés. En France, M. Normand, constructeur au Hâvre, a construit un certain nombre de bâtiments en bordages croisés pour la marine de guerre.

Aujourd'hui, dans la plupart des navires de guerre construits en bois, on remplace les barrots en bois par des barrots en fer formés par des fers profilés, que l'industrie livre avec leur courbure ou bouge. On gagne ainsi en légèreté, en solidité et on gagne sensiblement en hauteur d'entrepont.

Matériaux employés. En général, les pièces de membrure, l'étrave, l'étambot, la quille, les barrots se font en chêne, ainsi que les préceintes, bauquières, gouttières, etc. On emploie quelquefois l'orme pour la quille et les galbords; le pin, le mélèze pour les barrots; le sapin pour le bordé des ponts et le bordé de carène. Ces indications n'ont rien d'absolu. Elles varient avec les pays, avec les approvisionnements. On fait grand usage, dans les arsenaux, du *teak*, provenant de Bangkok, Moulmein, etc.; on s'en sert pour les matelas de cuirasse, les bordés de carène de certains navires de construction mixte. Il a la propriété de ne pas s'altérer au contact du fer; il est, d'ailleurs, à peu près imputrescible, mais il a l'inconvénient d'être souvent percé par les vers. L'altération plus ou moins rapide des bois employés dans la charpente des navires réduit singulièrement la durée de ces constructions. On doit prendre toutes les précautions possibles pour ne faire usage que de pièces exemptes de pourriture et bien débarrassées de leur sève par une immersion préalable et de longue durée dans l'eau de mer et, ensuite, séchées aussi complètement que possible dans des hangars bien aérés. Il faut aussi se défendre contre les rayons de soleil, qui provoquent des fentes ou gerces, en échauffant inégalement les diverses portions, et les attaques des vers, tels que les *tarets*, qui sont un des fléaux des navires en bois. Les tarets se développent avec une grande rapidité dans l'eau de mer, mais meurent rapidement dans l'eau douce, ou même simplement saumâtre.

Les procédés artificiels de conservation des bois en usage dans les constructions à terre, tels que l'injection au sulfate de cuivre, à la créosote, etc., ont été, à diverses reprises, proposés pour

la construction des navires, mais sans grand succès ; la grande dureté de la plupart des essences employées rendait leur application inefficace.

Les pièces de bois et particulièrement celles de la membrure sont exposées au développement de la pourriture : on s'efforce d'assécher autant que possible les couples en laissant le navire *monté en bois tors*, c'est-à-dire sans bordé ni vaigrage, pendant un temps plus ou moins long, exposé à la circulation de l'air et en l'abritant avec des toitures fixes ou provisoires. Autrefois on laissait les vaisseaux de guerre plusieurs années sur cale : aujourd'hui il faut construire vite et on achève les navires avant qu'ils aient eu le temps de sécher complètement ; les bois employés sont trop humides et pas assez débarrassés de leur sève, aussi la pourriture se développe-t-elle rapidement et au bout de dix à quinze ans on est réduit à démolir ou à refondre complètement la coque.

On augmente la durée des navires à flot en visitant souvent la carène, en maintenant le doublage en bon état, en facilitant l'aération de la membrure des mailles, en s'opposant à ce que les fonds restent couverts d'eau stagnante. On doit recouvrir d'enduits les surfaces des pièces de bois et particulièrement le vaigrage et les fonds qui doivent rester aussi accessibles que possible. On doit prendre des dispositions pour assurer la circulation de l'eau dans la cale et l'amener au pied des pompes d'épuisement. C'est surtout utile pour les navires à vapeur dans lesquels les eaux grasses provenant de la machine et des chaudières seraient rapidement une source de pourriture et d'infection. On se trouve très bien depuis quelques années de l'application directe dans les fonds de ciment hydraulique, qui acquiert en se solidifiant une grande dureté et préserve de l'humidité la charpente inférieure tout en augmentant, dans une certaine mesure, la solidité des fonds.

Les cloisons qui subdivisent la cale et les entreponts en compartiments destinés à l'arrimage du chargement ou au logement du personnel, sont généralement en bois léger, en sapin et montées comme des panneaux de menuiserie. L'entourage de la chambre des machines et celle des chaudières est souvent obtenu par des cloisons en tôle : il en est de même des soutes à charbon.

L'état-major, les passagers sont généralement logés dans des chambres ou *cabines* contenant un ou plusieurs lits ou *couchettes ;* l'équipage est réparti dans les entreponts. Des crochets installés à demeure sous les barrots permettent de suspendre pendant la nuit les hamacs des matelots. Pendant le jour ces hamacs, au moins dans les navires de guerre, sont rangés avec soin dans des coffres en bois dits *bastingages*, souvent placés au-dessus des pavois et recouverts d'une toile peinte.

Outre les chambres on dispose des appartements plus vastes, mieux éclairés qui servent de salons et de salles à manger : dans la marine de guerre, le *carré* est la pièce réservée aux officiers.

Des claires-voies avec panneaux vitrés à charnières sont disposées au-dessus des salons, carrés, chambres de machine, logement de l'équipage, etc., pour éclairer et aérer ces pièces.

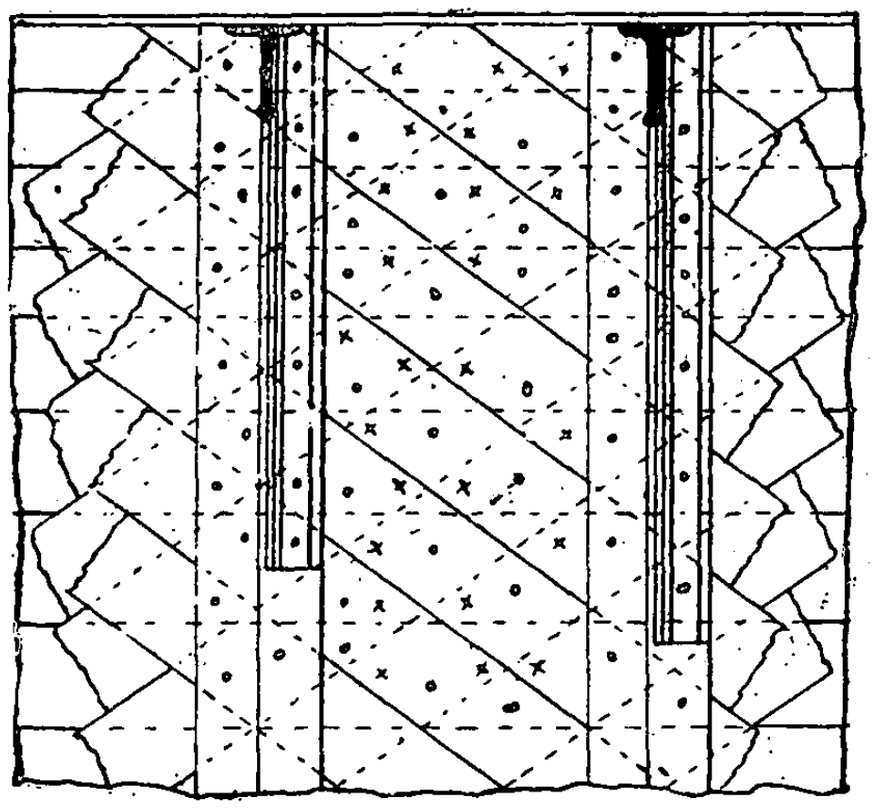


Fig. 466. — *Membrure et bordé en bordages croisés.*

Construction en fer. C'est en 1821 que l'on construisit en Angleterre le premier navire en fer l'*Aaron Mamby :* depuis lors les avantages de ce mode de construction sont devenus de plus en plus apparents. Les procédés de travail se sont perfectionnés rapidement, les progrès de la métallurgie ont permis de réduire notablement le prix des tôles, des cornières, des fers profilés ; aussi ne construit-on plus qu'exceptionnellement des navires à vapeur en bois. Parmi les avantages de l'emploi du fer sur le bois, on peut citer les suivants : 1° la légèreté : la coque proprement dite d'un paquebot en fer pèse environ 30 0/0 du déplacement total du navire, tandis que celle des anciens paquebots en bois représentait au moins 40 0/0 de ce déplacement ; c'est donc pour un navire de 5,000 tonneaux, par exemple, une économie de 500 tonneaux que l'on peut appliquer au poids des marchandises transportables, à l'approvisionnement de charbon ou à une augmentation de la vitesse.

2° La durée : un navire en bois a généralement besoin d'un radoub complet après quinze ans de service ; après trente ans on ne pouvait plus le considérer comme apte au service, tandis que pour un navire en fer bien entretenu, la durée des services n'a guère pour limite que le moment où le type même du navire est démodé, où ce navire ne peut plus rendre des services en rapport avec l'intérêt du capital et les dépenses de l'armement.

3° La possibilité de disposer de plus grands espaces à l'intérieur pour une même carène extérieure : à volume égal les capacités intérieures des navires en fer sont augmentées de presque toute l'épaisseur des murailles de bois ; les entreponts sont eux-mêmes dégagés par la substitution des baux en fer aux baux en bois.

En outre les coques en fer sont plus étanches que celles des navires en bois qui ont un peu fatigué à la mer; cette propriété est d'une importance capitale pour le commerce au point de vue de la préservation des chargements. Par contre, la carène d'un navire en fer oppose, en raison des rugosités du métal, beaucoup plus de résistance à la marche que la même carène construite en bois et doublée de cuivre; il faut pour obtenir la même vitesse, employer une puissance notablement plus grande. En outre, les tôles de la carène se salissent rapidement, se recouvrent de coquillages, d'herbes marines, ce qui diminue la vitesse et oblige les navires en fer à passer fréquemment au bassin pour être nettoyés et recouverts de peintures ou enduits.

L'entretien des navires en fer consiste simplement dans l'application périodique d'une couche de peinture sur la carène à l'intérieur et à l'extérieur pour préserver les tôles de l'oxydation. On recouvre aussi la surface immergée de la carène d'enduits spéciaux appliqués sur la peinture au minium, et destinés à combattre les dépôts adhérents de coquillages et de plantes marines; ces enduits renferment généralement des substances toxiques telles que les sels de mercure ou l'arséniate de cuivre. Nous citerons parmi les enduits les plus fréquemment employés ceux de MM. Adam de Cherbourg, Sim de Londres, Dubois de Marseille.

Bien qu'offrant dans l'ensemble de la coque une plus grande résistance, les navires en fer sont plus vulnérables aux atteintes locales, à cause de la faible épaisseur de la muraille. Cet inconvénient a été en partie atténué par les *cloisons étanches*, qui partagent la coque en plusieurs compartiments de dimensions assez restreintes pour que le navire puisse flotter, lors même que l'un d'eux se remplirait. — COMPARTIMENT ÉTANCHE.

Pendant longtemps l'emploi de l'acier, dans les constructions navales à la place du fer a donné lieu à des mécomptes qui en ont empêché le développement. Aujourd'hui, le travail des tôles et cornières d'acier est devenu aussi facile que celui du fer et on tend de jour en jour à en généraliser l'usage, ce qui conduit à une réduction sensible dans le poids de la coque. La coque d'un navire en fer construit dans le système ordinaire se compose essentiellement d'une ossature formée de pièces transversales (couples), jouant le même rôle que la membrure dans les navires en bois. Ces couples se composent de bouts de cornières contournés de manière à donner à la partie extérieure la forme de la carène. Sur les très petits navires, les couples sont formés de bouts de cornières simples, réunis à chaque extrémité par des couvre-joints; le plus souvent ils sont composés de deux cornières rivées entre elles, ayant leurs extrémités croisées, de manière à se servir l'une à l'autre de couvre-joints; elles sont placées de manière à former un **Z**, la panne de la cornière extérieure servant pour fixer le *bordé*; la panne de la cornière intérieure, ou cornière renversée, recevant le rivetage des liaisons intérieures (fig. 467).

Dans les navires de plus grandes dimensions, on interpose entre les cornières une tôle qui se relève dans la partie centrale, pour consolider la jonction entre les deux moitiés du couple et former la *tôle varangue*. Sur les très grands navires, on arme cette tôle de trois ou même quatre cornières, ou encore on emploie comme couples des fers profilés, ayant comme section un **T**. Par leurs pieds, les couples reposent sur la quille, formée par un assemblage de tôles et de cornières, ou de fers profilés, se prolongeant à l'avant par une pièce en fer forgé formant étrave. De même, à l'arrière, l'étambot est fait d'une pièce de forge façonnée

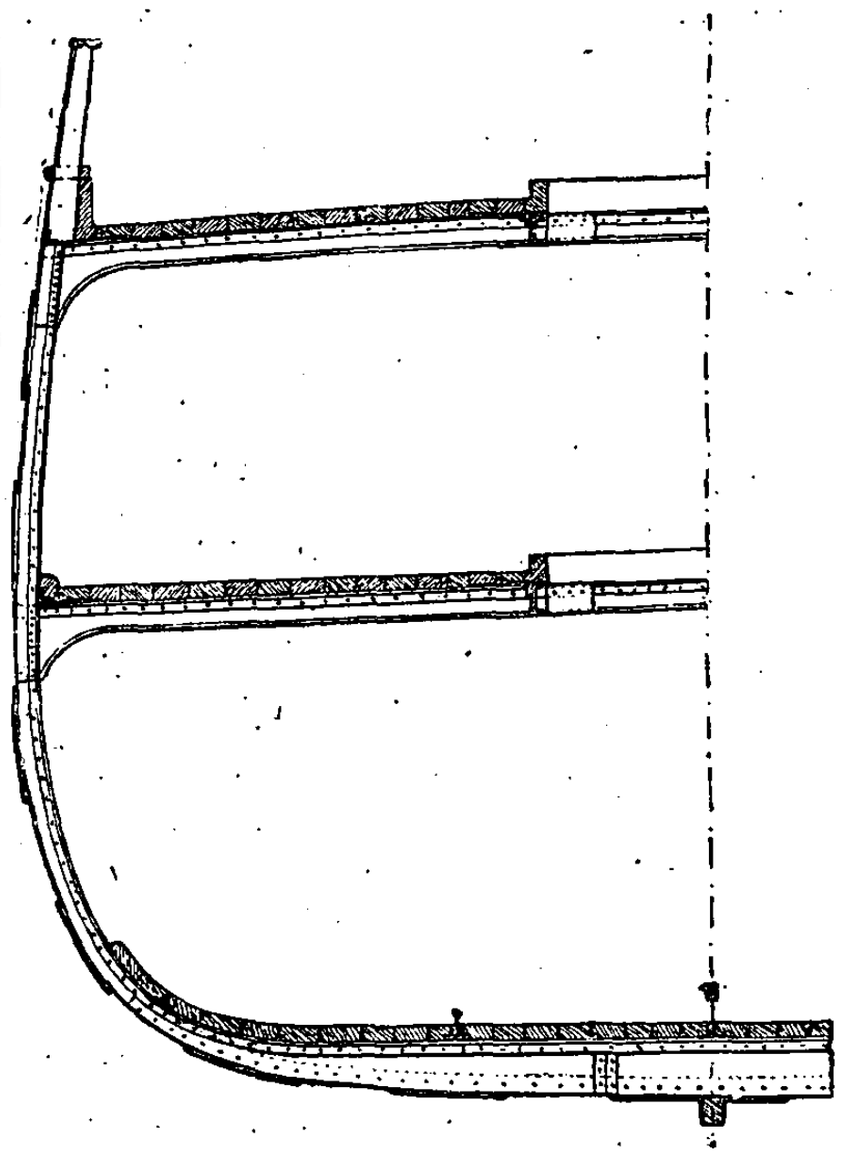


Fig. 466. — *Coupe d'un navire en fer.*

convenablement pour s'assembler avec la quille, laisser le passage de l'arbre d'hélice et réunir les rablures du bordé de la carène, etc.

Le plus généralement, un second étambot en fer termine la cage de l'hélice et reçoit les ferrures du gouvernail. Les couples sont recouverts par le bordé composé de feuilles de tôle placées par rivures horizontales et rivées sur les couples. Dans une même virure les extrémités sont réunies par des couvre-joints intérieurs en tôle; quant aux joints entre les différentes virures, ils sont formés tantôt par le recouvrement des tôles les unes sur les autres, tantôt par des couvre-joints intérieurs; dans le premier cas, on dit que le bordé est à *clins*; dans le second cas, à *franc-bord*. Tous les joints rivés sont ensuite matés, de manière à rendre la carène parfaitement étanche.

Les virures du bordé forment des liaisons longitudinales de la coque et les joints verticaux sont des points faibles de ces liaisons; ces derniers doivent donc être répartis avec sagacité.

Dans le *bordé à simples clins* ou simplement *bordé à clins*, chaque rivure recouvre la précédente de la quantité nécessaire pour le rivetage, à la façon des ardoises sur le toit d'une maison. Dans le *bordé à doubles clins*, une rivure sur deux est appliquée directement sur la membrure et les autres rivures s'appliquent à l'extérieur des précédentes. C'est le système le plus généralement adopté. Les rivets employés pour le rivetage du bordé sont en fer, à tête fraisée à l'extérieur, saillante à l'intérieur ; ils sont placés à chaud soit à la main soit à l'aide de riveuses hydrauliques. A l'intérieur, les couples sont réunis dans le sens de la longueur du navire par de nombreuses liaisons rivées sur les cornières renversées : ce sont, à la partie inférieure, les carlingues ou quilles intérieures formées par diverses combinaisons de tôles ou de cornières reposant sur les varangues (fig. 468 et 469).

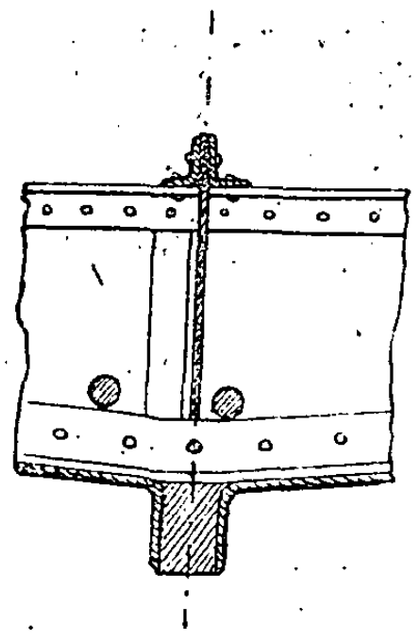


Fig. 468.
Carlingue et quille.

On place toujours une carlingue dans l'axe même du navire ; et le plus souvent on en dispose d'autres parallèles et de chaque côté de l'axe. Ce sont les *carlingues latérales*. Pour empêcher le renversement des couples, on dispose entre eux et dans le sens de la longueur d'épaisses feuilles de tôle bordées de cornières et dites *carlingues intercostales*. Au-dessus et au-dessous de chaque pont on dispose à l'intérieur des couples des virures (*bauquières* et *gouttières*) formées soit de simples tôles, soit d'assemblages de tôles et de cornières. Les *baux* ou *barrots* sont formés par des assemblages de tôles et de cornières, souvent par des fers à boulins, fers à T ou à double T. Leurs extrémités aboutissent sur les couples avec lesquels ils sont rivés directement ou avec interposition de triangles en tôle destinés à augmenter la rigidité de l'assemblage (fig. 470).

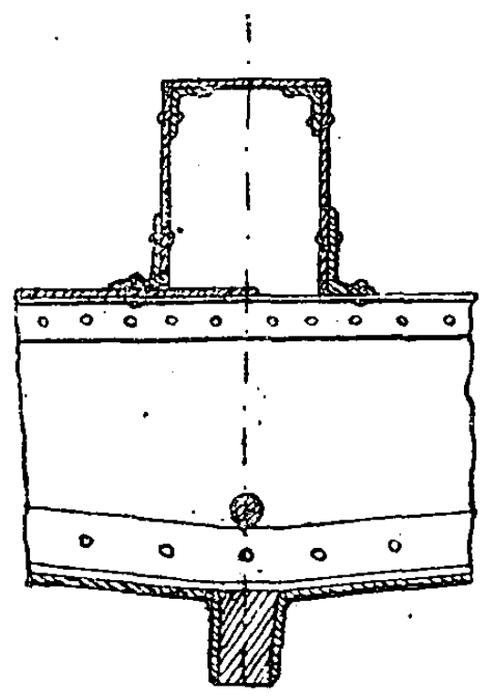


Fig. 469.
Carlingue creuse.

Les baux sont reliés dans le sens de la longueur par des bandes de tôle rivées, e recouverts par un bordé en bois boulonné avec des bandes de tôle et les cornières des barrots. Les divers ponts reçoivent des épontilles en fer comme dans les navires en bois. Les cadres des panneaux ou écoutilles sont en fer ; les grandes écoutilles ménagées pour l'embarquement des machines et des chaudières, et, sur les navires de commerce de la cargaison, sont en général consolidées après la mise en place du matériel, par des fractions de barrots placées en travers des entremises et reliées entre elles par des boulons de manière à être facilement démontables.

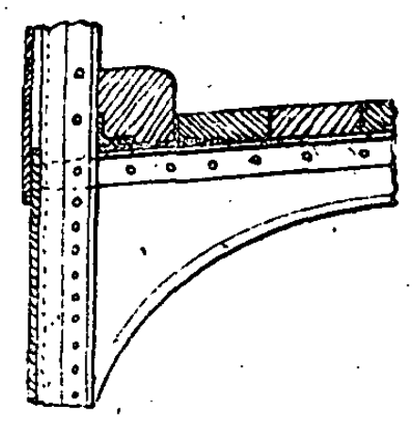


Fig. 470. — *Gouttière.*

Dans le système de construction que nous venons de décrire et qu'on nomme *système à membrures transversales* ou simplement *système transversal*, les fonds sont consolidés, dans le sens de la longueur, par les carlingues centrales et latérales ; les hauts sont liés dans le même sens par les ponts, les préceintes, les gouttières, etc. ; mais il reste entre le pont inférieur et la dernière carlingue une assez grande hauteur où il est nécessaire de soutenir la muraille. On applique dans cette région des ceintures analogues aux ceintures latérales et dont les profils varient suivant le degré de résistance à obtenir. De distance en distance, quand la disposition des lieux le permet, on dispose des cloisons transversales donnant un grand surcroît de solidité à la coque : il serait à désirer que l'on put établir des cloisons étanches en assez grand nombre pour que le navire put flotter quand même l'un des compartiments remplirait. Malheureusement, on ne peut réaliser aisément cette condition qu'aux extrémités où l'on réserve un compartiment étanche limité à la cloison *d'abordage*. Dans la partie centrale, pour permettre la circulation du personnel et ne pas gêner outre mesure le service du bord, on est obligé de pratiquer dans les cloisons des ouvertures que l'on doit fermer rapidement en cas d'accident.

Généralement on rapporte dans les fonds un léger bordé en bois pour recevoir le chargement, et dans les emménagements on recouvre la surface intérieure de la muraille d'un lambris en bois. Les cloisons des chambres sont également le plus souvent en bois.

Le système transversal a été seul employé au début : depuis on a cherché à accorder une part plus grande à la résistance longitudinale en diminuant beaucoup les échantillons des couples, en augmentant leur espacement et composant l'ossature du navire de fortes poutres armées, longitudinales, appelées *lisses* et régnant d'une extrémité à l'autre. Les couples ne servent plus guère, dans le *système longitudinal*, qu'à maintenir l'espacement entre les lisses.

On consolide en outre la coque en recouvrant à

l'intérieur les lisses d'un second bordé analogue au bordé extérieur, de manière à constituer une double carène. En rendant étanches un certain nombre de lisses et de couples, on forme dans le double fond un grand nombre de compartiments de petit volume de manière à rendre assez faibles les dangers résultant d'une avarie dans la carène extérieure. Ce système, proposé par M. Scott Russell, et appliqué par ce célèbre ingénieur à la construction du *Great-Eastern*, présente des difficultés d'exécution et d'entretien qui ont entravé son adoption, bien qu'il ait la supériorité d'une répartition plus judicieuse de la matière. Le système transversal est employé dans la plupart des navires du commerce et dans les navires de guerre non cuirassés.

Pour la construction des bâtiments cuirassés de grandes dimensions et destinés à recevoir un fort blindage et à porter une puissante artillerie, les ingénieurs anglais ont inauguré un système intermédiaire entre les précédents et auquel on a donné le nom de *Bracket-system*. L'ossature est composée à la fois de lisses, la plupart du temps continues, croisées par des couples formés de tronçons s'étendant de lisse en lisse. La membrure est ainsi formée par un réseau à mailles quadrangulaires appliqué entre deux bordés, l'un extérieur, l'autre intérieur.

Constructions mixtes. Pour réunir les avantages de durée et de légèreté des navires en fer à ceux que les navires en bois trouvent dans l'emploi du doublage en cuivre, on a assayé de divers modes de constructions pouvant être classés sous deux types généraux : dans les uns, on part de l'ancien navire en bois, en lui assurant autant que possible par des liaisons la rigidité du navire en fer, dans les autres, au contraire, on cherche à ajouter au navire en fer un doublage en cuivre. Dans le premier ordre d'idées on peut citer les navires en bois dont le barrotage et toutes les liaisons intérieures sont en fer, les navires *composites* dans lesquels on substitue, en outre, à la membrure en bois une membrure en fer sur laquelle viennent se river toutes les liaisons intérieures pendant qu'un lattage en fer, placé sur la membrure, reçoit les points d'attache du bordé. Dans la seconde série se rangent les navires complètement en fer, sur le bordé desquels on vient fixer au moyen de boulons taraudés un double bordé en bois sur lequel s'applique le doublage en cuivre. Ce système présente de grandes difficultés de construction et de réparation et n'a été employé que dans des cas restreints.

Chantiers et cales de constructions. Les chantiers de constructions navales comportent tous les ateliers nécessaires au travail du bois et des métaux, tels que les *scieries mécaniques*, ateliers de *charpentage*, de *calfatage*, de *perçage*, *de grosses œuvres*, etc., pour le travail du bois ; les *ateliers de tôlerie*, de *serrurerie*, de *chaudronnerie*, les *forges*, pour le travail des métaux. Dans les scieries mécaniques on travaille les diverses pièces de bois au moyen de scies de divers genres telles que les *scies droites à mouvement alternatif*, les scies à mouvement continu comprenant les *scies circulaires* et les *scies à ruban* ou *scies sans fin*. Les pièces courbes sont travaillées au moyen de scies spéciales dites *à chantourner* et dont le principal type est dû à M. Normand, constructeur de navires au Havre.

Les charpentiers de navires font surtout usage de l'*herminette* et travaillent, soit sur le chantier proprement dit, soit dans des hangars voisins ; ils tracent les plans de formes à la salle des gabarits, relèvent les gabarits, confectionnent et mettent en place les diverses parties de la coque.

Les ouvriers calfats sont spécialement chargés du calfatage, de la mise en place du doublage et portent leurs soins pour assurer l'étanchéité de la coque dans toutes ses parties. Les ouvriers perceurs sont des charpentiers spécialement désignés pour la mise en place des liaisons, des chevilles, etc. Ils fixent les ferrures et les divers accessoires de coque relatifs à la manœuvre des ancres, de la mâture, etc. L'atelier des grosses œuvres comporte un personnel de charpentiers occupés spécialement à la confection et à la mise en place de certains accessoires tels que cabestans, gouvernails, drosses et roues de gouvernail, treuils, guindeaux, etc.

Parmi les ateliers à métaux, le plus important est la tôlerie appelé souvent dans les arsenaux *atelier des bâtiments en fer* : on y travaille à froid et à chaud les tôles, cornières, fers profilés, etc., destinés à la coque des navires en fer. Cet atelier comporte essentiellement des fours à réchauffer, en général des systèmes les plus récents et les plus perfectionnés tels que les fours Siémens, Ponsard, Gorman, etc., des cylindres à cintrer les tôles, des presses à courber les fers profilés, des cisailles, des raboteuses, des poinçonneuses, des perceuses, des riveuses, quelques pilons à vapeur, etc. Ces divers outils sont en général actionnés par des moteurs à vapeur et quelquefois par des appareils hydrauliques.

Dans ces dernières années on est parvenu à soumettre les tôles et cornières d'acier aux mêmes travaux que le fer sans avoir à redouter les accidents survenus au début de l'emploi de ce métal. La réussite est due à l'étude approfondie des propriétés des divers aciers et à l'adoption de quelques précautions destinées à combattre l'écrouissage qui accompagne le travail mécanique. Depuis quelques années les chantiers de l'arsenal de Lorient ont réalisé de magnifiques constructions en acier parmi lesquelles nous citerons les cuirassés de premier rang, *Redoutable*, *Dévastation*, etc.

Les navires se construisent le plus souvent sur des *cales*, terrains en pente disposés de manière à faciliter la mise à l'eau. Ces cales sont tantôt formées par le sol naturel, tantôt elles sont en partie creusées dans le sol, en partie construites en pierre et maçonnerie. La quille du navire repose sur des supports en bois, appelés *tins*, assez élevés pour permettre le travail des ouvriers. Les murailles sont soutenues par des *accores*, pièces de bois dont les pieds reposent sur le sol.

Autrefois on employait beaucoup les *cales couvertes*, mais c'est une dépense considérable, et qui

est loin d'être indispensable. Aujourd'hui on préfère adopter uniquement des toitures supportées par la charpente même du navire et que celui-ci emporte avec lui au moment du lancement. Les cales de construction actuelles sont généralement entourées de voies ferrées qui amènent à pied d'œuvre les matériaux, de treuils à vapeur, etc. Dans plusieurs cales couvertes, on a même disposé des chariots roulants au-dessus des navires en construction.

En Angleterre, on a substitué peu à peu, dans un grand nombre de ports, à la construction sur cale, la construction dans des bassins : on évite ainsi l'opération de la mise à l'eau.

En dehors des grands arsenaux de l'Etat qui se trouvent à Cherbourg, Brest, Lorient, Rochefort et Toulon, la plupart des grands ports de commerce possèdent des chantiers privés travaillant pour l'Etat, pour les grandes compagnies de navigation et pour les navires de commerce : souvent même pour les marines de quelques nations étrangères.

Parmi les chantiers français les plus importants nous citerons : *La Société des forges et chantiers de la Méditerranée* qui possède d'immenses chantiers de construction à la Seyne, dans la rade de Toulon, à Graville (Le Havre) et des ateliers de machines à Menpenti, (Marseille); et au Havre les anciens ateliers de Mazeline. Les chantiers de la Seyne ont fourni à la marine française et à plusieurs marines de guerre étrangères de nombreux bâtiments, parmi lesquels des vaisseaux cuirassés de toutes dimensions.

Les *Chantiers Normand,* au Havre, d'où sont sortis un grand nombre de navires de guerre.

Les *Chantiers de la Loire* qui possèdent à Nantes et à Saint-Nazaire d'importants chantiers de construction et ateliers de machines.

A Bordeaux, les *Chantiers de la Gironde* les *Chantiers Labat et Moulinier,* les *Chantiers Chaigneau,* les *Chantiers de Dile et Bacalan.*

A Rouen les *Chantiers de la Société Claparède* qui construit à Saint-Denis les machines et les bâtiments de petites dimensions.

La *Compagnie générale transatlantique* possède, à Saint-Nazaire, des chantiers et ateliers pour l'entretien et le renouvellement de son matériel.

La *Compagnie des messageries maritimes* construit toute sa flotte dans ses chantiers et ateliers de la Ciotat (Var).

La loi sur la marine marchande, en vigueur depuis 1881, favorise, par des primes à la construction et à l'armement, le développement des chantiers en accordant à la construction des compensations de nature à atténuer la situation d'infériorité dans laquelle elle se trouvait en France, vis-à-vis des industries similaires à l'étranger.

Cet état d'infériorité est dû à bien des causes qu'il serait trop long d'énumérer ici, mais dont la principale est sans aucun doute le bas prix dans les chantiers anglais, des matières premières, telles que le fer et le charbon.

MISE A L'EAU, ACHÈVEMENT A FLOT. Lorsque la coque est achevée sur la cale, on exécute l'opération de la *mise à l'eau,* ou *lancement*. Dans ce but on dispose sous la quille un berceau qui soutient le navire et fait corps avec lui en glissant sur la cale convenablement dressée et graissée. La pièce de bois placée sous la quille et accompagnant le navire dans son mouvement s'appelle *savate* ; elle glisse sur une pièce fixe appelée *coulisse* et installée sur les tins de la cale. Pour soutenir le navire droit après l'enlèvement des accores et le guider dans son mouvement, on dispose de chaque côté deux coulisses latérales appelées *couettes* et sur lesquelles viennent reposer des *ventrières* fixées sur le navire.

Avant le lancement, le navire est retenu sur la cale par le bout de la savate ou un amarrage appelé *saisine*. Après avoir tranché ces attaches on fait usage de leviers, de vérins hydrauliques, etc., pour provoquer le départ si le navire ne se met pas immédiatement en mouvement de lui-même.

Lorsque le lancement a lieu dans un bassin à flot ou une rivière, on dispose des moyens de retenue pour arrêter le navire une fois à flot.

Le lancement des petits navires ne présente aucune difficulté ; pour les navires de grandes dimensions, surtout pour les navires de grande longueur, il faut prendre de grandes précautions pour éviter que la charpente de la coque n'éprouve pendant la mise à l'eau des déformations dangereuses.

Le plus grand navire qui existe, le *Great-Eastern,* a été construit parallèlement à la rive et lancé par suite transversalement.

Après la mise à l'eau, on fait généralement entrer le navire dans un bassin ou forme de radoub dans lequel sa carène mise à sec reçoit les enduits et revêtements nécessaires. On procède alors à la mise en place de l'hélice, du gouvernail, etc., pendant qu'on achève les installations intérieures, qu'on monte la machine et les chaudières.

Accessoires de la coque. Il nous faut ici indiquer les installations spéciales dont on doit munir la coque du navire pour lui permettre de recevoir les ancres, chaînes, cabestans, gouvernail, mâture, etc., dont les descriptions sont données dans les articles correspondants.

La mâture se compose essentiellement de *bas-mâts,* faits soit d'une seule pièce, soit de plusieurs pièces assemblées entre elles, installées à demeure sur le navire et faisant pour ainsi dire partie de la coque. Les bas-mâts reposent par leurs pieds sur la carlingue (ou sur une plate-forme) où l'on dispose un massif appelé *emplanture.* Le mât traverse chaque pont dans des *étambrais* qui servent à le soutenir. De chaque bord et à l'extérieur de la muraille des plates-formes, nommées *porte-haubans* reçoivent les extrémités des haubans, cordages, soit en chanvre, soit en métal qui se rendent à la tête des mâts et servent à les tenir. La tension des haubans est obtenue au moyen de *caps de mouton* ou de *ridoirs* métalliques. Dans le plan diamétral, c'est-à-dire dans le sens de la longueur, les mâts sont tenus par des *étais,* cordages, généralement en fil de fer, partant de la tête du mât et aboutissant à des boucles solidement fixées sur le pont. Les étais sont munis de ridoirs comme les haubans. — V. MÂTURE.

De chaque côté du navire et à l'arrière, on dispose des *porte-manteaux* ou *bossoirs d'embarcations*, sortes de supports destinés à soutenir les embarcations. On les fait soit en bois, soit en fer forgé, soit en assemblages de tôles et de cornières. En général, ils doivent pouvoir pivoter autour d'axes verticaux ; leur tête est munie de rouets ou de poulies au moyen desquels on hisse les embarcations.

Les *bittons* ou *bittes de manœuvre* sont des montants en bois traversant le bordé du pont des gaillards, et dont les pieds sont appuyés sur la face d'un barrot et chevillés avec lui. Les bittons portent des rouets de poulie et leurs têtes sont reliées par des tablettes percées de trous et munies de *cabillots*. L'ensemble constitue le ratelier de manœuvre, qui sert au passage et à l'amarrage des *retours* des *manœuvres* ou cordages desservant la mâture et la voilure.

Le *cabestan* est un treuil à axe vertical qui sert à virer la chaîne de l'ancre et à exécuter les manœuvres de force. — V. Cabestan et Câble-chaîne.

Le *gouvernail*, disposé à l'arrière, consiste en une sorte de plan de bois ou de fer, mobile autour d'un axe vertical ou un peu incliné sur la verticale. En général il est relié à l'étambot arrière au moyen de ferrures qui jouent le rôle de charnières et portent les noms *d'aiguillots* et de femelots. Le gouvernail se compose essentiellement d'une partie plane, appelée *safran*, destinée, lorsqu'elle est orientée d'un côté ou de l'autre du plan longitudinal médian, pendant que le navire est en marche, à subir une pression de l'eau environnante et à exercer par là un effort sur l'arrière du navire. Il en résulte un mouvement de rotation du navire et par suite un changement de direction tel que l'avant se dirige du côté où le safran du gouvernail a été orienté. — V. Gouvernail.

La *mèche* ou axe du gouvernail pénètre dans l'arrière du navire par le trou de *jaumière*, et reçoit une ou plusieurs *barres* destinées à produire l'orientation du safran. Dans les embarcations et les petits navires la barre est manœuvrée à la main ; on dit que la *barre est franche* lorsqu'on agit directement sur elle soit à la main, soit à l'aide de palans. En général dans les navires, la barre est manœuvrée à l'aide d'un treuil sur lequel s'enroule la *drosse* du gouvernail. La drosse est soit en cuir, soit en chaîne et en tringles métalliques. Le treuil lui-même est manié par un ou plusieurs hommes qui agissent sur les rayons d'une roue à bras dite *roue de gouvernail*.

Les hommes employés à la manœuvre de la barre du gouvernail sont dits *hommes de barre*, ils sont choisis en général parmi les *timoniers*.

La roue du gouvernail est tantôt à l'arrière du navire, sur la dunette, tantôt au milieu et alors sur la *passerelle*. A proximité on dispose un ou deux *habitacles* renfermant les *compas de route*, c'est-à-dire les boussoles sur lesquelles doivent se guider les hommes de barre.

Dans les grands navires de guerre et les grands paquebots on tend à généraliser l'emploi de moteurs mécaniques puissants et précis pour manœuvrer la barre ou la roue du gouvernail. Les servo-moteurs à vapeur et les appareils hydrauliques sont tout-à-fait propres à ce service. On donne le nom d'*axiomètre* aux appareils destinés à transmettre à la passerelle les orientations de la barre et par suite du safran du gouvernail.

Le nombre, l'espèce et la grandeur des embarcations dépend de la dimension, de l'importance et du service du navire. — V. Embarcation.

Les navires se divisent en un grand nombre d'espèces que l'on peut grouper en :

Navires de guerre (*cuirassés*, *croiseurs*, etc.) (V. ces mots). *Navires de commerce* (clippers, paquebots, caboteurs, etc.) (V. Paquebot). *Navires de pêche* (se rattachant aux navires de commerce). Et à un autre point de vue en : *Navires à vapeur*, *navires à voiles*, *embarcations*. — V. ces différents mots.

CONSTRUCTION RURALE. En apparence, les constructions faites à la campagne sont fort différentes de celles de la ville. Mais, si les habitations des paysans et les bâtiments de ferme sont très souvent d'un triste aspect, cela ne tient qu'à l'impérieuse nécessité de mettre la plus grande économie dans les frais de premier établissement. Cette économie est parfois même poussée si loin qu'elle devient de l'incurie ; c'est-à-dire que, si la dépense première est aussi petite que possible, les frais d'entretien, les charges d'assurance et d'amortissement sont élevées au maximum. De sorte qu'en calculant bien, ces bâtiments soi-disant économiques deviennent fort coûteux par l'accumulation des dépenses d'entretien, de réparation et d'assurance et surtout par leur inefficacité dans leur rôle de protecteurs des animaux, des récoltes ou du matériel.

Il n'y a donc pas, à proprement dire, de *principes de constructions rurales*. Tout ce qui a rapport au choix et au bon emploi des matériaux repose sur les principes de la construction en général. Pour faire un mur solide et durable, il faut suivre à la campagne les mêmes règles qu'à la ville ; et il en est de même pour les planchers et pour les couvertures. Tous les articles faits dans ce *Dictionnaire* sur les *matériaux de construction*, sur leur emploi, sur la pratique des divers métiers, dits *du bâtiment*, ont donc pour ceux qui font bâtir à la campagne le même intérêt que pour tous les autres constructeurs.

La différence essentielle ne gît que dans la question économique ; à la ville, les gros revenus des propriétés foncières permettent de mettre au second rang l'*économie de premier établissement*. L'aspect agréable, le luxe même des maisons en augmente la valeur locative. Pour les bâtiments d'une ferme, la plus stricte économie est de rigueur ; mais une économie bien comprise ; c'est-à-dire qui tienne compte non seulement des frais de premier établissement, mais de la durée ou de l'amortissement, de l'entretien, du taux des assurances et, *avant tout*, de la parfaite adaptation de toutes les parties des divers bâtiments à leurs destinations.

L'ordonnancement des parties extérieures des bâtiments ruraux et leur distribution intérieure

doivent en effet satisfaire à des conditions particulières qui tiennent à leur destination.

Classement des divers bâtiments ruraux. Si nous mettons à part l'habitation du cultivateur et de ses agents, on peut ranger dans quatre groupes les divers bâtiments d'une ferme : 1° les *logements d'animaux;* 2° les *bâtiments servant à l'emmagasinement*, à la conservation ou à la préparation des *récoltes ou des produits;* 3° les bâtiments nécessaires pour abriter, conserver et entretenir en bon état le *matériel d'exploitation*; 4° enfin, toutes les constructions propres à recueillir, emmagasiner et conserver les *fumiers* et les engrais divers.

En outre, dans une ferme, le constructeur doit aussi entreprendre des travaux d'un caractère d'utilité universelle, tels que les *clôtures*, les *barrières*, les *chemins*, *aqueducs*, *égouts*, etc., pour lesquels nous renvoyons aux articles spéciaux de cet ouvrage.

Habitations rurales. *Ce qu'elles doivent être.* Si le cultivateur ne doit pas faire de son habitation une maison luxueuse, il ne doit pas non plus, par un esprit d'économie mal entendue, en faire un séjour désagréable, et loger ses agents dans des bâtiments sordides ou malsains. Aux divers moyens connus propres à retenir l'ouvrier aux champs, tels qu'une occupation constante, assurée, avec un salaire suffisant, il faut ajouter une habitation saine et confortable. Il ne suffit même pas de retenir les ouvriers aux champs, il faut surtout que les hommes instruits et possédant d'assez grands capitaux puissent désirer habiter la campagne comme fermiers ou propriétaires exploitants; et, pour cela, une habitation confortable, agréable même, est une attraction de premier ordre pour tous les membres de la famille d'un cultivateur. Un riche cultivateur, sans faire d'ostentation, doit mettre son habitation en rapport avec sa fortune. C'est un devoir social qui n'est pas toujours compris et dont l'observation doit pourtant être recommandée avec instance, parce qu'elle a pour bon effet de donner aux fils et aux filles des cultivateurs aisés l'amour de la profession de leurs pères. L'homme qui dirige à ses risques et périls une grande exploitation agricole a, de nos jours, ou doit avoir dans l'avenir, l'instruction, les sentiments et les habitudes qui distinguent un homme bien élevé, celui que les anglais nomment un *gentleman-farmer*. Son habitation doit donc être complète et agréable : la question de stricte économie, qui a une si grande importance dans l'établissement d'une habitation d'ouvrier rural ou de petit cultivateur, peut donc être reléguée au second rang.

Conditions générales. En premier lieu, toute habitation humaine doit être *salubre*; ce qui suppose nombre de conditions satisfaites : bâtie en pays et sol sains, elle doit avoir une bonne exposition et un voisinage agréable. Toutes les parties constituant le bâtiment, les murs et les couvertures, les planchers et les cloisons, les portes et les fenêtres, etc., doivent avoir pour but la protection efficace des habitants contre le froid ou le chaud, la pluie ou le vent, suivant les saisons, et leur assurer en tout temps l'air et la lumière nécessaires aux fonctions vitales.

L'espace réservé à chaque habitant doit être suffisant, sans excès, dans toutes ses dimensions. Les logements doivent être distribués pour faciliter la division des fonctions ou des destinations qui favorise l'entretien de la propreté, le service intérieur et les rapports entre les divers membres de la famille. Enfin, quelque recherche dans l'aspect de la construction à l'extérieur, comme à l'intérieur, doit assurer l'agrément et satisfaire l'amour-propre naturel au locataire comme au propriétaire d'un bâtiment.

Habitations des ouvriers ruraux. Donner à chaque famille d'ouvriers un logement assez spacieux pour que les sexes et les âges puissent être séparés autant que cela est nécessaire, et pour que toutes facilités soient assurées aux soins de propreté, c'est assurer à tous les membres de cette famille la satisfaction qui accompagne la santé du corps et de l'âme. Ce problème, presque insoluble dans les grandes villes, est sans difficulté sérieuse dans les campagnes où l'espace ne manque pas, et où la question du prix de revient de premier établissement peut seule arrêter les propriétaires soucieux de l'amélioration du sort de leurs ouvriers. Les logements d'ouvriers ruraux peuvent être distribués de façons très diverses. Il faut tenir compte, autant que possible, des habitudes traditionnelles, en tant qu'elles ne sont pas trop opposées aux exigences véritables de la vie d'intérieur. En certaines localités, on préfère une grande chambre commune servant de salle à manger (avec cuisine) et de chambre à coucher pour les chefs de la famille. La ménagère peut ainsi vaquer à tous les travaux du ménage tout en surveillant ses jeunes enfants, et en dirigeant les travaux des plus âgés. Une pièce commune de ce genre doit avoir une superficie intérieure d'au moins 36 mètres carrés; soit 5 mètres sur $7^{m},2$ ou 6 mètres sur 6. Les combles renferment alors une ou deux petites pièces pour les grands enfants. Dans d'autres localités, on admet la spécialisation des diverses parties du logement. A la pièce commune de 36 mètres carrés, on préfère un ensemble de deux pièces : l'une, servant de cuisine, de salle à manger et de réception, peut avoir 5 mètres sur 5; elle communique avec la chambre à coucher des chefs de la famille; cette pièce peut avoir 5 mètres sur 3. Enfin, il serait encore plus rationnel de diviser le logement en trois pièces : une cuisine, avec laverie ayant une entrée particulière; une salle à manger et de réception, avec entrée principale; et enfin une chambre à coucher. Chacune de ces pièces peut avoir environ 3 mètres de largeur sur 5 de profondeur.

Les différences de climats, de tradition et de race entraînent d'énormes variations dans l'ameublement, et, par suite, dans la grandeur et la disposition relative des pièces, et dans les dépendances immédiates de l'habitation; telles que caves ou cellier, bûcher ou grenier, toit à porcs, etc.

Presque toujours, toutes les pièces de l'habitation d'un ouvrier rural ou d'un petit cultivateur sont situées au rez-de-chaussée, comme nous ve-

nons de le supposer; les travaux du ménage, le soin des enfants, et la surveillance au dedans comme au dehors sont ainsi beaucoup facilités, et occasionnent moins de fatigue à la ménagère. Si, pour économiser l'emplacement et les frais de premier établissement, on adopte un bâtiment avec un étage et un comble utilisable, on ne place au premier étage que les chambres à coucher, plus saines là, du reste, qu'au rez-de-chaussée et n'exigeant pas la présence continuelle de la ménagère comme la cuisine et la salle à manger et de réception.

Habitation des cultivateurs. Pour un petit propriétaire-cultivateur, l'habitation ne diffère guère de celle de l'ouvrier rural que par un petit accroissement d'espace, en raison de ce que les grands enfants restent avec les parents et que les dépendances de l'habitation sont plus importantes. Le rez-de-chaussée comporte alors une cuisine-laverie, une grande salle à manger et de réception et la cage de l'escalier. La cave doit alors s'étendre sous toute la maison et une partie est disposée pour servir de laiterie. Le premier étage renferme une grande chambre à coucher et deux plus petites. Le comble est utilisé comme magasin ou grenier et partiellement au besoin pour une chambre à coucher. Enfin, cette habitation proprement dite peut être flanquée de petits bâtiments en appentis pour des dépendances diverses : une buanderie, un bûcher, un toit à porc et un poulailler.

L'écurie, la vacherie ou bouverie, la grange et la remise des véhicules forment un second corps de bâtiment mis à la suite de l'habitation ou parallèlement ou en équerre, suivant les exigences de l'emplacement dont on dispose et des expositions convenant à chaque partie de l'ensemble.

L'habitation de l'exploitant d'une ferme moyenne présente une plus grande importance. Le rez-de-chaussée est consacré au service du ménage et doit contenir : 1° une laverie avec entrée particulière; 2° une cuisine; 3° un réfectoire pour les ouvriers et domestiques; 4° une salle à manger pour la famille; 5° un cabinet de réception ou bureau pour le fermier; 6° la cage de l'escalier et parfois 7° un office ou garde-manger, et 8° une chambre de cuisinière. Au premier étage, une grande chambre à coucher avec cabinet de toilette et cabinet d'aisance, deux chambres à coucher à un ou deux lits, etc. Le reste comme pour l'habitation du petit cultivateur avec de plus grandes dimensions.

Enfin, pour un riche fermier ou propriétaire exploitant, l'habitation prend l'importance d'une *villa*. Tout ce qui est dépendances de l habitation, ainsi que le réfectoire des ouvriers et domestiques, est relégué dans un bâtiment spécial. L'habitation est absolument spécialisée et consacrée tout entière à la famille. Au rez-de-chaussée, une cuisine avec entrée particulière, un office et garde-manger, une chambre de cuisinière et une salle à manger, un grand bureau pour le fermier, un salon et une salle de billard. L'entrée par un petit perron, avec vestibule dans lequel se trouve l'escalier et un passage jusqu'au jardin d'agrément. Au premier étage, la chambre à coucher principale avec cabinet de toilette, un petit salon, diverses chambres à coucher. Au second étage, qui peut être mansardé, quelques chambres à coucher. Enfin dans les combles proprement dits un grenier et parfois une ou deux chambres de domestiques.

CONSTRUCTION DE L'HABITATION RURALE.

Emplacement. L'emplacement de toute habitation humaine doit être en lieu sain, c'est-à-dire à l'abri des miasmes d'étangs à rives plates ou de marais. S'il n'est pas possible d'éviter les mauvais voisinages de ce genre, il faut planter comme abris des rideaux d'arbres de rapide croissance. Le sol doit être sain, c'est-à-dire naturellement sec et à l'abri des infiltrations souterraines des terrains supérieurs et de l'affluence des eaux pluviales. Quand on est forcé de bâtir sur des sols argileux un peu humides, il faut au préalable drainer l'emplacement qu'occupera le bâtiment, en l'entourant d'un drain plus profond que les fondations, ayant une pente sensible et un facile débouché au dehors si la pente du sol le permet, ou dans un *puits perdu*, *boitout* ou *boitard*, quand il se trouve en dessous une couche perméable.

Exposition. La meilleure exposition pour la façade principale ou les principales ouvertures, c'est, en France, le sud-sud-est, puis celles qui sont comprises entre le sud-sud-ouest et l'est-nord-est. Les expositions à éviter pour les chambres habitées sont celles comprises entre le sud-ouest et le nord-nord-ouest, côtés des vents pluvieux chauds ou froids. Les expositions nord-nord-est et nord-est sont froides mais saines et peuvent être adoptées avec avantages pour les pièces devant être habitées pendant l'été. Les expositions du sud et du sud-sud-est conviennent aux pièces habitées en hiver. Les façades exposées au sud-sud-ouest ne reçoivent les rayons solaires que pendant la soirée; celles qui sont exposées à l'est-nord-est ne les reçoivent que pendant la matinée.

Dans une habitation, certaines pièces peuvent être exposées au nord ou au nord-est, ce sont l'office et le garde-manger, par exemple, les cabinets et les garde-robes, les laiteries.

Cube intérieur. Un grand cube d'air dans les diverses pièces habitées est nécessaire pour assurer la salubrité. Toutefois, il ne faut pas exagérer les hauteurs d'étage dans ce but. La hauteur de $2^{m},60$, exigée par la voirie de Paris, entre plancher et plafond, est suffisante.

Surélévation du rez-de-chaussée. Dans les habitations pour ouvriers ruraux ou petits cultivateurs, on est souvent entraîné à faire des économies regrettables; ainsi, par exemple, on établit le rez-de-chaussée sur *terre-plein* pour économiser la construction d'un sous-sol ou d'une cave. Il faut alors surélever le terre-plein de $0^{m},18$ au moins, en formant à l'intérieur une couche de terre avec le déblai provenant de la fouille des fondations de murs; cette couche peut avec avantage être terminée par l'apport de *mâchefer* ou laitier de forges. C'est sur cette couche que l'on établit le plancher en carreaux de terre cuite scellés par une couche de mortier fin ou de plâtre. Une surélévation de plus

de 18 centimètres exigerait deux ou plusieurs marches à chaque porte, et cette exagération, sans utilité, gênerait beaucoup le service de la ménagère.

Cave ou sous-sol. L'établissement d'une cave, ou d'un sous-sol à demi-enterré, sous tout ou partie du rez-de-chaussée, est toujours préférable à la simple surélévation du plancher. La cave ou le sous-sol ont du reste leur utilité propre, incontestable. Malheureusement, certains terrains sont tellement imbibés d'eau à quelques époques de l'année, que le creusement des caves ne peut y être conseillé qu'avec la condition de faire les murs en béton hydraulique, avec un fond de même matière, ce qui constitue une espèce de cuve imperméable. Malheureusement, un tel travail est coûteux. On réduit autant que possible la dépense en n'enterrant la cave qu'à moitié de sa profondeur, limitée au strict nécessaire, 1m,80 entre le dessous des poutrelles en fer et le sol de la cave, qui prend alors le nom de *sous-sol* et peut être éclairé assez largement pour être employé en partie comme cuisine et laiterie.

Planchers. Si, au rez-de-chaussée, le plancher est sur terre-plein, on pose les carreaux sur une mince couche de béton gras fin ou sur mortier hydraulique, ou même sur une couche d'asphalte. Pour les chambres à coucher, il est plus sain de poser sur le terre-plein des lambourdes en bois scellées avec du plâtre ou du bitume, puis sur ces lambourdes un parquet en planches entières ou en frises de chêne ou de sapin. Les planchers sur voûtes se font de même. Pour les *planchers* d'étage.— V. ce mot.

Murs. Les murs extérieurs des habitations doivent être faits en matériaux non hygrométriques; surtout ceux de fondations et de caves; l'économie de premier établissement que procure l'emploi de mauvaises pierres et de mortiers maigres ou terreux, est bientôt annulée par les dégradations intérieures qu'occasionne l'humidité du sol arrivant par ces murs poreux. En climats froids, des murs épais enduits des deux côtés, s'ils sont plus coûteux, économisent aux locataires des frais de chauffage en hiver. On doit éloigner toute humidité des fondations, d'abord en entourant l'emplacement du bâtiment d'un *drain* de dessèchement, plus profond que ces fondations, puis en employant pour ces fondations des pierres meulières et du bon mortier hydraulique; enfin en enduisant les murs.

Couverture. La couverture des habitations humaines doit être absolument impénétrable à la pluie, à la neige ou à l'eau qu'elle produit en fondant; elle doit être extérieurement lisse, pour permettre un prompt écoulement de la pluie et de la neige; enfin, elle doit être mauvaise conductrice de la chaleur et incombustible. Les bonnes tuiles à double recouvrement, dites *tuiles mécaniques*, sont sous tous ces rapports au premier rang et la bonne ardoise ne leur cède guère. Si les combles doivent être habités, il faut en dessous des chevrons clouer des lattes pour maintenir un plafonnage ou galendage en plâtre. — V. Couverture, § I.

Portes et fenêtres. Au double point de vue de l'économie de construction et de l'imposition des portes et fenêtres, il convient de faire plutôt un petit nombre de grandes fenêtres que beaucoup de petites, d'une même surface d'éclairage. Pour des fenêtres d'appartement, le minimum de largeur sera de 0m,80 et, en hauteur, 1m,33, mesurés au tableau. L'appui ne doit pas être à moins de 0m,50 du sol. Les portes trop étroites sont fort incommodes; mais les portes trop larges restreignent la place utilisable à l'intérieur; une largeur de 0m,70 pour les portes intérieures suffit, avec une hauteur de 1m,80 à 2 mètres. Les portes extérieures peuvent être un peu plus grandes. Toutes les fois que des portes vitrées peuvent apporter un supplément d'éclairage dans des couloirs ou des cabinets, on doit les adopter.

LOGEMENTS DES ANIMAUX.

La santé des animaux de toute espèce, le rendement en chair, graisse ou lait, des animaux de rente dépendent en grande partie d'une bonne habitation. En revanche, la mauvaise disposition des divers logements d'animaux, diminue les bons effets d'une alimentation abondante et rend plus difficile le service des charretiers, des bouviers et des bergers; ce qui entraîne une perte réelle des aliments, qui produisent moins d'effet, et rend les maladies habituelles ou accidentelles plus fréquentes et plus dangereuses. En résumé, la bonne disposition des logements d'animaux a pour effets : 1° la conservation de la santé; 2° la plus complète assimilation des aliments; 3° la diminution des travaux de transport et de main-d'œuvre que nécessitent les soins divers à donner aux animaux; l'apport des aliments et l'enlèvement du fumier.

Chaque espèce d'animaux de ferme demande des conditions particulières de logement; et ces conditions varient même dans la même espèce avec la destination des individus. On comprend, en effet, que les animaux à engraisser doivent vivre dans des conditions différentes de celles qui conviennent à des animaux de travail ou d'élevage. Pour l'engraissement, la condition essentielle, après une nourriture abondante et appropriée, c'est une tranquillité absolue des animaux dans un espace restreint, chaud, un peu humide et même quelque peu obscur. Tandis qu'au contraire pour les animaux d'élevage, de course, de chasse et même de travail, il faut une liberté complète des mouvements, un grand espace, un air pur et vif plutôt froid et sec que chaud et humide.

Ecuries. Les chevaux d'élevage devant vivre dans un état voisin de celui de nature, leurs logements devront leur laisser une grande liberté de mouvements; ce sera, à l'extrémité d'assez vastes parquets à l'air libre, des hangars bien couverts et plus ou moins clos destinés à abriter ces chevaux dans la mauvaise saison et pendant les intempéries. Toutefois, les chevaux précieux, les cavales mères et leurs poulains ont besoin, pendant un certain laps de temps, de logements bien clos, les garantissant contre le froid, l'humidité ou le vent, tout en leur laissant une suffisante liberté de mouvements.

Les chevaux de travail ou de trait ont besoin de logements sains et clos pour s'y reposer de leur fatigue journalière, y prendre tranquillement leur nourriture, sans craindre de refroidissements, et recevoir les soins de pansage.

Les conditions hygiéniques indispensables à toute écurie de chevaux de trait sont : 1° l'absence d'humidité; 2° la pureté de l'air intérieur assurée par un lent et constant échappement de l'air vicié appelant, pour le remplacer, de l'air neuf du dehors; 3° un éclairage suffisant, et 4° un espace assez grand pour assurer la liberté des mouvements indispensables.

Espace nécessaire. L'espace accordé à un cheval de trait dans une écurie commune doit être assez grand pour que l'animal puisse, à toute heure, se coucher sans être gêné par ses voisins. Les deux dimensions horizontales de cet emplacement dépendent évidemment de la taille des animaux. Pour un cheval de taille moyenne, une largeur assurée de $1^m,75$ suffit amplement; la largeur entre la crèche et le chemin de service doit être de $2^m,45$ environ et plus ou moins suivant les moyens d'attache employés. Par une économie mal entendue, cet emplacement est souvent réduit à $1^m,20$ de largeur et $2^m,10$ de longueur ce qui est insuffisant. Pour des chevaux de selle ou de carrosse, en écuries communes, on peut être un peu plus libéral en largeur et en longueur, mais sans exagération : de trop grands emplacements seraient plus nuisibles qu'utiles. Mais le passage derrière les chevaux peut sans inconvénient être très large, $1^m,50$ au minimum et jusqu'à $2^m,25$.

Ecuries isolées ou boxes. Les chevaux de luxe, les juments portières ou nourrices et les étalons sont ordinairement logés isolément dans de petites pièces distinctes, appelées *boxes,* limitées par les murs extérieurs et des cloisons suffisamment élevées. Ces boxes, suivant leur nombre, peuvent être placées sur un seul rang ou sur deux rangs avec couloir intermédiaire. Presque toujours, des parquets distincts, ou *paddocks,* sont attenants à ces boxes.

Les dimensions d'un box sont très variables suivant les circonstances. Tantôt 3 mètres en carré ou $2^m,18$ de large sur $3^m,92$ de long. Pour une jument suitée, on donne ordinairement $3^m,20$ en carré au moins. Les couloirs de service doivent avoir environ $1^m,50$ de largeur.

Ecuries communes. On appelle ainsi des écuries dans lesquelles les chevaux sont placés en rangs sans aucune séparation ou avec des séparations latérales seulement. Lorsque les chevaux sont placés sur un seul rang, l'écurie commune est dite *simple*; elle est *double* lorsque les chevaux sont sur deux rangs, tête à tête ou dos à dos. Enfin, dans un même bâtiment, les chevaux peuvent être placés sur plusieurs rangs transversaux; ces rangs peuvent être alternativement dos à dos et tête à tête ou tous tournés du même côté.

Ecurie simple. La profondeur dans-œuvre de ces écuries doit être de $4^m,60$ à 5 mètres se décomposant ainsi, à partir du mur d'arrière, contre lequel les chevaux ont la tête tournée :

$0^m,50$ à $0^m,60$ pour la crèche surmontée du ratelier.

$2^m,30$ à $2^m,45$ pour l'emplacement occupé par les chevaux.

$1^m,20$ à $1^m,35$ pour le passage ou couloir de service derrière les chevaux.

$0^m,60$ à $0^m,60$ pour la place occupée par les harnais suspendus à des chevilles.

Au point de vue de la bonne conservation des harnais, en sacrifiant un peu la rapidité du service, il est préférable de placer les harnais dans une pièce spéciale, dite *sellerie,* et on le fait toujours pour les écuries de luxe; mais, dans les grandes écuries de trait, le service en souffrirait trop; on met alors les harnais contre le mur de face, extérieurement, sous un petit auvent. Dans ces deux cas, la profondeur de l'écurie proprement dite est réduite à 4 mètres ou $4^m,40$.

Les chevaux de trait ou de service devant se familiariser avec les hommes qui les emploient, on ne croit pas nécessaire de les alimenter par un couloir placé devant les auges; cette disposition aurait pourtant le grand avantage d'accélérer et de faciliter le service de l'alimentation.

Dans une écurie simple, sans sellerie, on ménage une petite place pour un dépôt de fourrages et pour un coffre à avoine; on dispose aux extrémités, dans les encoignures des murs de pignon, une armoire à pharmacie et une autre pour recevoir les appareils de pansage et de nettoyage. Enfin, on dispose en soupente un ou deux lits de charretiers.

Ecurie double dos à dos. Elle est en réalité composée de deux écuries simples adossées, sans harnais; alors le passage à l'arrière des chevaux devient commun aux deux rangs. On économise donc un passage sur deux : c'est un gain de $1^m,20$ à $1^m,35$ sur la double profondeur qui est alors de $6^m,80$ à $7^m,60$ ou de $7^m,20$ en moyenne pour les deux rangs de chevaux. On économise aussi deux murs longitudinaux sur quatre et une partie des murs de pignons qui ont une largeur de $7^m,20$ au lieu de 8 mètres qu'ils auraient si tous les chevaux étaient mis sur un seul rang ou en écurie simple.

Cette disposition économise donc de la place et des murs; elle est, en outre, d'un très bel aspect intérieur et devrait être très recommandée si elle n'avait pas le léger inconvénient d'exiger une sellerie séparée. Ordinairement à une extrémité de l'écurie, on dispose une pièce spéciale renfermant la sellerie, un coffre à avoine, et des lits de charretiers.

Ecurie double tête à tête. C'est en réalité deux écuries simples *affrontées* par leurs crèches, séparées par une simple cloison de $2^m,25$ de hauteur ou par un couloir d'alimentation de 1 mètre de largeur environ. Cette écurie n'économise donc pas d'emplacement et même elle en perd pour le passage de service; mais elle est commode et permet de suspendre les harnais derrière les chevaux. On économise, par rapport à une écurie simple du même nombre de têtes, deux murs longitudinaux sur quatre; mais cette économie est en partie compensée par l'établissement d'une cloison entre

les deux crèches, ou un plus grand cube des murs de pignon. Cette disposition d'écurie est très rarement adoptée.

Ecurie à rangs transversaux. La profondeur dans-œuvre doit être celle qui est nécessaire pour mettre par rang, deux ou trois paires de chevaux seulement soit 4 à 6 fois 1m,75 ou de 7 à 10m,50. En longueur, autant de fois 4m,80 ou 5 mètres qu'il y a de rangs de chevaux s'ils tournent tous la tête du même côté, ce que nous conseillons. Le même passage sert à enlever le fumier d'un rang et à donner le fourrage et l'avoine au rang voisin.

Détails de construction. *Plancher.* C'est ordinairement un *pavage* en grès sur *forme* de mortier hydraulique avec une faible pente transversale de la tête à l'arrière des chevaux, et une contre-pente pour le passage de service. La rencontre de ces deux pavages en pentes opposées forme une rigole ouverte ou fermée à laquelle on donne une pente légère d'un bout à l'autre, ou de chaque bout au milieu pour réunir les urines, non absorbées par la litière, dans un égout souterrain les conduisant en dehors du bâtiment.

Au lieu de pavés de grès, on peut adopter des briques ordinaires bien cuites, placées de champ, ou mieux encore des briques spéciales creuses ou à cannelures superficielles. Le pavage en bois résineux préparé au sulfate de cuivre ou goudronné peut être employé en certains cas. On peut aussi se contenter d'une couche de béton hydraulique recouverte d'une couche de ciment avec empreintes moulées formant des cannelures en écharpe dans les deux sens.

Chaque place de cheval est parfois disposée en cuvette, à trois pentes; l'une de la tête vers l'arrière et les deux autres transversales opposées se rencontrant dans l'axe longitudinal de la stalle à l'extrémité de laquelle les urines se réunissent et tombent au travers une grille dans un caniveau souterrain longitudinal. Dans cette disposition, recommandable pour les écuries de chevaux de luxe logés en commun, on peut réduire les pentes au minimum, c'est-à-dire à un centimètre par mètre pour le plancher et deux millimètres pour les caniveaux, gargouilles ou rigoles en pierres lisses. Une pente un peu forte dans les écuries permet aux chevaux de prendre une attitude qui les *avantage*, mais les fatigue.

Les rigoles *ouvertes* ne donnent pas un rapide écoulement du purin, car elles sont toujours encombrées de débris de litière ou d'excréments; elles peuvent, en outre, causer des accidents ou des chutes. Les meilleures rigoles sont des demi-cylindres creux avec feuillures longitudinales, *moulées* à l'aide de *mandrins* en bois dans la couche de béton et ciment hydraulique formant le plancher. On peut aussi employer des modèles spéciaux de caniveaux en fonte semblables à ceux employés dans les trottoirs des rues, pour l'écoulement de l'eau des toits; ces caniveaux ou gargouilles peuvent même être employés dans les écuries à défaut des modèles spéciaux.

Séparations. Généralement aujourd'hui, les chevaux sont séparés les uns des autres par des barres accrochées, d'un bout, à la crèche par une penture à gond et suspendues, de l'autre, par des cordes aux solives du plancher ou à une barre spéciale. Lorsque ces séparations, appelées *bat-flancs* sont larges et assez haut placées, elles sont suffisantes pour isoler sans grands inconvénients les chevaux.

Toutefois, il faut alors que la planche soit suspendue à la cordè par l'intermédiaire d'une petite pièce en bois ou en fer, nommée *sauterelle*, qui se décroche instantanément par le simple soulèvement d'un anneau; dans le cas où, en jouant, un cheval se prend un pied sur le bat-flanc, il ne faut au charretier qu'un instant pour le débarrasser.

Dans les écuries bien disposées, les chevaux sont séparés par des cloisons fixes assez élevées, formant des *stalles*, dans lesquelles les chevaux sont plus réellement isolés qu'avec les bat-flancs. Lorsque ces cloisons sont faites tout en bois et que l'économie la plus stricte est commandée, elles se composent de deux poteaux (l'un en tête, de 2 mètres de hauteur hors terre; l'autre, à l'arrière de 1m,20 seulement); d'une semelle assemblée dans les poteaux et reposant sur un petit mur en briques avec fondation destinée à éloigner la *semelle* du fumier humide; enfin d'une lisse ou main-courante assemblée au poteau de tête et sur le poteau d'arrière. Parfois, quelques ferrures consolident les assemblages de ces quatre pièces de bois encadrant et emboîtant des planches assemblées entre elles à rainures et languettes. Les deux poteaux sont scellés dans le sol après avoir été superficiellement carbonisés; on les entoure aussi de poussier de charbon au moment de les placer dans les pierres du scellement. La lisse légèrement arrondie sur sa face supérieure passe parfois sur le poteau de tête et se prolonge jusqu'au mur de crèche dans lequel elle est scellée.

Parfois ces cloisons sont faites de deux parties; l'inférieure est un cadre rectangulaire sur lequel se fixe la seconde partie en forme de col de cygne par le haut. La seconde partie de la cloison est un panneau plein ou à grille en barreaux droits, ondulés ou enfin contournés, en forme de branches de feuillages, etc.

Dans les écuries un peu plus luxueuses, les cloisons de stalles sont en fonte de fer et bois; à l'arrière un poteau en fonte, auquel sont assemblées une *lisse* en fonte à col de cygne en haut, et, en bas, une *semelle* entre lesquelles sont emboîtées les planches verticales formant un panneau plein. Le haut du poteau cylindrique est orné d'une boule sphérique avec moulures intermédiaires plus ou moins riches. Enfin, les plus belles cloisons comprennent entre la semelle et la lisse en fonte une longrine terminant le panneau inférieur plein, et sur laquelle est un panneau grillé ou ornementé plus ou moins richement. Les poteaux au lieu d'être en forme de colonne lisse sont parfois cannelés ou à pans et plus ou moins ornés; les boules qui terminent les poteaux sont parfois remplacés par des ornements, des têtes de chevaux, etc. Ces ornementations ne sont pas à recommander. Il faut être très sobre d'or-

nements et ne pas oublier que la sécurité des chevaux exige que tout ce dont ils peuvent approcher ne présente que des parties arrondies sans saillies ni arêtes.

Mobilier d'alimentation. Dans les écuries les plus communes, même de nos jours, une *crèche* ou auge en bois, régnant tout le long du mur au-dessous d'un *ratelier* surplombant, dit *en échelle*, constitue tout l'appareil destiné à l'alimentation des chevaux. En apparence économique, ce système présente de nombreux inconvénients. Le ratelier surplombant doit être forcément placé assez haut pour que les chevaux ne puissent s'y blesser; ce qui force les pauvres animaux à élever la tête pour en arracher péniblement le foin ou la paille, d'où tombent des poussières et des graines pouvant causer des maladies d'yeux ou d'oreilles. En outre, en arrachant leur fourrage, les chevaux en laissent tomber à terre une partie qu'ils piétinent et qui est perdue.

Tout ce que les architectes ont pu faire pour les écuries de luxe, c'est de remplacer l'auge en bois par des plaques de marbre, et le ratelier en échelle, par des hottes élevées, en fer, présentant les mêmes inconvénients, mais souvent ornés de couronnes en fer ou en fonte et de plaques ou d'armoiries.

Ces rateliers surplombant peuvent être avantageusement remplacés par des rateliers à barreaux verticaux placés immédiatement au-dessus de la crèche en arrière de celle-ci, dont le bord est ordinairement placé à $0^m,90$ au-dessus du sol. Il est vrai qu'alors l'écurie doit être de $0^m,33$ plus large pour laisser derrière les barreaux un espace suffisant au fourrage. Mais il est facile lorsque l'on construit de toutes pièces une écurie de trouver dans l'épaisseur des murs une partie de ces 33 centimètres, en faisant au milieu de chaque stalle, sur une largeur de $1^m,00$ à $1^m,10$, une fausse baie fermée par une cloison en briques de $0^m,11$ d'épaisseur. On restreint ainsi la longueur de l'auge et du ratelier et par suite leur prix de revient, et on se donne un moyen d'ornementation naturel pour l'intérieur comme pour l'extérieur. L'auge peut en ce cas être faite très économiquement en *ciment hydraulique* moulé et partout arrondie; et le ratelier en bois ou en fer à barreaux tournants, si on le désire. L'ancienne auge ou crèche en bois, régnant sur toute la longueur de l'écurie, présentait inutilement une capacité énorme relativement au volume des rations; les liquides imprégnaient le bois qui tôt ou tard, par les alternatives de sécheresse et d'humidité, se pourrissait et contractait promptement une odeur désagréable. Depuis longtemps on a remplacé, dans quelques écuries, ces auges en bois par des auges en pierres creusées ou faites de *plaques* de pierre dure, ou de marbre, agrafées par des ferrures; ces auges sont saines, mais coûteuses et non sans défauts. Les auges en fonte de fer nous paraissent préférables. On réduit naturellement leur capacité au *strict nécessaire* et on leur donne une forme telle que leur poids et par suite leur prix soient aussi réduits que possible, tout en disposant les bords et les parois de façon que les chevaux ne puissent s'y blesser et qu'ils ne puissent en faire tomber les aliments fluides, semi-fluides ou hachés qui leur sont parfois donnés. Les modèles d'auges en fonte sont actuellement très nombreux : les uns sont faits pour être fixés contre le mur par des boulons à scellements au milieu de la stalle; d'autres, pour être appliqués dans les angles des boxes ou des stalles. Quelques modèles sont à deux capacités : l'une pour recevoire l'avoine, la paille hachée, les carottes, etc., et l'autre pour recevoir les boissons est dite *barbottoire*. Cette dernière partie est souvent faite en forme de seau tronconique, muni au fond d'une soupape ou d'un bouchon en bronze permettant de le nettoyer à grande eau; en dessous de cet orifice à soupape, on adapte même un tuyau de décharge de l'eau de lavage tandis que dans le mur au-dessus de la barbottoire, débouche un bout de tuyau à soupape, amenant l'eau propre d'un réservoir commun à toute l'écurie. Parmi les modèles d'auges et barbottoires en fonte, nous devons citer ceux de la grande fonderie, dite de Saint-Pancras, à Londres. Ces auges pour les écuries de luxe peuvent être en fonte *émaillée*.

En France, quelques fondeurs font des auges en fonte. On emploie aussi des auges en tôle de fer étamée.

Les rateliers sont faits aussi en fer ou en fonte: on les fait surplombant en hotte allongée, en hotte étroite arrondie, en corbeille, en quart de sphère, ou en corbeille d'angle (1/8). On fait aussi des rateliers à barreaux verticaux, ne présentant aucune saillie dans la stalle, parce qu'ils sont articulés et renfoncés dans une niche du mur dès qu'ils ont été remplis. On trouve aussi des rateliers à barreaux verticaux placés au-dessus des auges d'encoignures et formant un quart de cylindre à axe vertical.

Enfin, la meilleure disposition d'ensemble de l'appareil d'alimentation pour les chevaux, se compose d'un cadre à bord extérieur arrondi d'un fort diamètre, s'étendant dans toute la largeur de la stalle et présentant trois trous. Le plus grand, à gauche, reçoit un panier en forme de demi-pyramide quadrangulaire tronquée, destiné à recevoir la paille et le foin donnés sans être hachés; le moyen, reçoit une auge rectangulaire en fonte à rebord, d'une assez grande capacité, pour recevoir les rations d'avoine, de paille ou foin hachés, de racines coupées, etc.; le troisième, le plus petit, à droite, reçoit une barbottoire tronconique.

Le cadre recevant les trois pièces du *couvert complet d'un cheval* est fixé à chaque bout dans les cloisons de stalles ou plutôt contre les poteaux et parfois par des boulons de scellements dans le mur. Le niveau supérieur de ce cadre est à $0^m,90$ au plus au-dessus du sol. Le panier à foin à barreaux sur trois faces a son fond à $0^m,45$ du sol, parfois au-dessus d'une boîte en bois recueillant les graines et la poussière du foin et de la paille; l'auge à avoine n'a que $0^m,25$ de profondeur environ, ainsi que la barbottoire.

On a des plateaux en équerre pour placer dans les encoignures de stalles ou de boxes : sur une des branches de l'équerre, se place le panier à

fourrage, sur l'autre une auge unique où l'auge avec la barbottoire. Il y a de ces cadres pour les juments ou étalons et d'autres pour les poulains.

Le cheval consomme son foin ou sa paille en tenant la tête dans le panier ce qui ne cause aucune fatigue à l'animal.

Moyens d'attache. Les chevaux sont attachés devant l'auge, munie d'un ou deux anneaux, par une ou deux longes ou chaînes. Il est essentiel que ces modes d'attache laissent au cheval la liberté de reculer et d'avancer entre certaines limites et d'aller à droite ou à gauche de la stalle sans que chaînes ou longes puissent se nouer, s'entortiller ou se gêner.

Ordinairement ces chaînes ou longes sont terminées par des billots en bois ou en fonte qui ont pour effet de maintenir toujours les chaînes tendues. Ces poids sont quelquefois cachés dans un tube d'où sort en haut la longe en passant entre des petites poulies en cuivre. Lorsqu'on emploie une seule chaîne, elle se termine, au bas, parfois, par un anneau qui glisse sur une barre placée au milieu de l'auge et obliquement en dessous.

Portes. Pour le passage facile des chevaux, la largeur nette des baies doit être de 1m,10 à 1m,35 et la hauteur de 2m,20 à 2m,50. Si ces portes sont battantes, elles doivent ouvrir en dehors et se plaquer contre le mur en ne présentant aucune saillie pouvant blesser les chevaux. Les verrous de fermeture ou les loquets doivent être dissimulés dans l'épaisseur de la porte. Les portes suspendues à l'extérieur ou à l'intérieur par des ferrures à galets, roulant sur une barre de fer scellée dans le mur, peuvent être adoptées dans nombre de cas, surtout pour les portes de pignons.

Fenêtres. La hauteur d'une écurie entre sol et plafond peut être de 2m,50 au minimum, et il est inutile de dépasser 3 mètres. Le renouvellement continu de l'air intérieur est plus efficace pour la santé des chevaux qu'un grand volume intérieur d'air stagnant. On assure un facile renouvellement de l'air en disposant les fenêtres aussi près que possible du plafond, pour expulser l'air vicié; et en ménageant dans le bas des murs, ainsi que dans le haut des portes, de petites ouvertures, dites *ventouses*, par lesquelles afflue l'air neuf du dehors appelé par le vide qui se forme à l'intérieur lorsque l'air vicié s'échappe par les fenêtres ouvertes en totalité ou partiellement. Les fenêtres d'écurie doivent s'ouvrir en tournant autour d'un axe horizontal placé à l'intérieur, un peu au-dessus du centre de gravité de la fenêtre, dont le jet d'eau est à l'extérieur et tend toujours, par l'excès de poids en dessous de l'axe, à se fermer.

On maintient la fenêtre ouverte à l'aide d'une ficelle ou mieux d'une longue tringle pendant le long du mur à l'intérieur.

Logements des bêtes bovines. *Divers cas.* S'il s'agit de bêtes d'élevage, le logement peut être réduit, dans les climats doux surtout, à un hangar fermé du côté des vents pluvieux et bien exposé du seul côté ouvert, au sud ou sud-sud-est en France. De ce côté, attenant au hangar, sont des parquets à clôtures séparatives dans lesquels sont placés des rateliers, des auges et des abreuvoirs. Les bœufs de travail sont logés dans des étables faites à très peu près sur le même principe que les écuries, simples, doubles ou multiples. Les différences essentielles se remarquent dans les dimensions, dans le matériel d'alimentation et dans divers détails de construction. On peut en dire autant des bouveries d'engrais et des vacheries laitières. Toutefois, la meilleure disposition dans ces trois cas paraît être l'étable double, tête à tête, avec un couloir d'alimentation entre les deux auges. Pour les grandes étables, un petit chemin de fer est établi dans ce couloir pour faciliter les transports.

Etables simples. L'emplacement nécessaire pour un bœuf ou une vache, doit être, en largeur, de 1m,10 à 1m,33, pour les moyennes races, et, suivant la longueur de l'animal, 2m,10 à 2m,37, de façon que la profondeur dans-œuvre du bâtiment soit de 4m,35 à 5m,12, se décomposant ainsi : 0m,70 à 1 mètre pour le couloir de service en tête des auges. 0m,45 à 0m,55 pour l'auge, 2m,10 à 2m,37 pour l'emplacement de l'animal, 1m,10 à 1m,20 pour le passage de service. On peut, il est vrai, supprimer (surtout pour les bœufs de travail) le couloir de service devant l'auge. Lorsque les bœufs sont attelés au collier, il faut laisser derrière le couloir d'arrière un espace de 0m,50 à 0m,60 pour la saillie des chevilles en bois portant les colliers et les autres parties du harnachement.

Pour les vacheries d'élevage, il faut disposer en avant-corps de petits bâtiments annexes ouvrant dans la vacherie et contenant un double rang de cases pour les veaux.

Etables doubles tête à tête. Elles peuvent être considérées comme composées de deux étables simples *affrontées* par les couloirs de service des auges qui se fondent en un passage de 1m,10 à 1m,25 de large. Une vacherie laitière ou une bouverie d'engrais auront donc dans-œuvre une profondeur de 8m,60 à 9m,70.

Détails de construction. *Plancher.* Le sol des étables doit être rendu imperméable, comme celui des écuries, mais il peut être moins résistant; on peut adopter des briques ordinaires mises à plat sur une forme de mortier hydraulique et bien rejointoyées en ciment. On peut même se contenter d'une simple couche de 0m,12 d'épaisseur en béton maigre hydraulique recouvert d'un glacis en ciment hydraulique. La pente transversale doit être aussi faible que possible pour éviter les chutes si dangereuses pour les vaches pleines. Les rigoles doivent être larges et profondes et couvertes.

Mobilier pour l'alimentation. A l'exception de la moindre hauteur du bord des crèches et des rateliers (0m,50 au lieu de 0m,90) les anciennes étables simples sont, comme les vieilles écuries, munies, le long du mur d'arrière, de crèches en bois au-dessus desquelles surplombent les rateliers en échelle. Les inconvénients de cette disposition sont ici les mêmes que dans les écuries. Dans les étables modernes, on imite la disposition des va-

cheries hollandaises, en n'employant que de larges auges fixes ou mobiles reposant sur le sol, ou peu au-dessus, et séparées des vaches ou bœufs par un grillage à barreaux de bois fixes ou mobiles, au travers desquels les animaux doivent passer la tête pour atteindre dans l'auge toutes espèces d'aliments ou de boissons, fourrages entiers ou hachés, racines coupées, barbottages, eau, etc.

Ces auges peuvent être économiquement faites sur place en ciments hydrauliques, moulées entre des mandrins d'un bout à l'autre. La section transversale de ces auges présente intérieurement 0m,20 à 0m,27 de profondeur et 0m,45 de largeur moyenne; au fond, la largeur peut être réduite à 0m,30 avec une paroi verticale du côté des animaux seulement; la largeur au sommet est alors de 0m,60. Une auge de ce genre peut recevoir toutes les espèces de rations. Chaque vache est attachée par deux chaînes terminées par des anneaux glissant le long des deux barreaux du milieu, assez écartés pour laisser passer la tête.

Portes et fenêtres. Les portes doivent avoir une largeur de 1m,10 au moins et 2 mètres de hauteur. Les fenêtres doivent être assez haut placées pour procurer une bonne ventilation; elles ne diffèrent guère de celles d'écurie que par de moindres dimensions. On adopte parfois des persiennes ou des jalousies pour modérer l'éclairage intérieur à certains moments, parfois des toiles ou canevas pour préserver les vaches de l'affluence des mouches, lorsque la chaleur force à ouvrir les fenêtres.

Bergeries. Dans les pays à climat doux, on peut élever, entretenir et même engraisser les moutons à l'air libre, dans des parcs, des enclos, des abris plantés, ou sous des hangars ouverts d'un ou deux côtés; mais dans les climats continentaux à hivers rigoureux, les bergeries closes sont nécessaires. Elles sont, du reste, toujours et partout utiles au bon rendement des rations alimentaires consommées.

Les bergeries doivent satisfaire à une double condition d'emplacement; chaque mouton doit en effet avoir sa place au lit et à la table, c'est-à-dire un emplacement suffisant pour se coucher et sa place au ratelier. Dans un bâtiment rectangulaire, l'emplacement par mouton est représenté par une largeur et une longueur qui varient suivant la race et l'âge des individus. Pour des moutons de 40 à 50 kilogrammes de poids vif, la place au ratelier doit être au moins de 0m,333 et la longueur normalement au ratelier de 1m,90, crèche comprise; soit une surface de 0m,633 mètre carré, ou moins de deux tiers de mètre carré. Pour une race plus petite ou pour des agneaux de moyenne race, ces dimensions peuvent être réduites à 0m,275 et 1m,75, soit une aire de 0m,481; enfin, pour les grandes races, on doit aller jusqu'à 0m,40 et 2m,10 pour les adultes; ou une surface de 0m,84. Ainsi l'espace sur sol nécessaire par tête de mouton varie de un demi à quatre cinquièmes de mètre carré, rigoureusement. Toutefois, il est bon, lorsque l'on veut employer des rateliers bien faits, des fourrières surtout, d'augmenter la dimension en longueur de 0m,10 environ, ce qui porte la surface minima à 0m,50 et la plus grande à 0m,88.

Dans une grande bergerie, on a souvent des animaux de divers âges.

La disposition d'ensemble d'une bergerie dépend essentiellement de la place assignée aux rateliers qui peuvent être simples ou doubles. Les plus étroites bergeries ne peuvent avoir moins de deux rangs de moutons placés dos à dos, ce qui fait un bâtiment de 3m,80 à 4m,20 de largeur dans-œuvre et une longueur de 14 à 20 mètres par cent têtes sans compter une travée centrale de 4 mètres environ pour dépôt de fourrages, etc. Si l'on adopte un ratelier double, posé sur le sol et bien fait, à barreaux verticaux, il faut compter sur une largeur en œuvre de 3m,90 à 4m,40.

Si l'on suppose des rateliers contre les murs longitudinaux et, dans l'axe, un ratelier double, il y a quatre rangs de moutons, dans une largeur en œuvre de 7m,70 à 8m,60.

Dans les vieux modèles de bergeries, on croit bien faire en mettant des rateliers tout autour de la face intérieure des murs; c'est étendre inutilement le développement des rateliers; car ceux qui se trouvent placés sur les pignons, près des angles, ne peuvent être utilisés, si ce n'est quand on entasse les moutons au point que tous ne peuvent arriver à trouver l'aire que nous supposons ci-dessus.

Si l'on suppose des rateliers doubles placés transversalement parallèlement l'un à l'autre, on forme, dans un bâtiment d'une profondeur quelconque, des travées de 4 mètres pour deux rangs de moutons. Dans cette disposition, la plus convenable pour de grandes bergeries à partir de trois à quatre cents moutons, le lotissement des animaux de divers âges et destinations est très facile; l'entrée et la sortie sont assurées par une porte pour chaque double rang de moutons sur chaque façade du bâtiment exposées l'une au midi et l'autre au nord avec deux parquets attenants, l'un d'hiver et l'autre d'été.

Détails de construction. *Plancher.* Le sol des bergeries est ordinairement en terre battue, ou en salpêtrage. Quand la litière est rare ou coûteuse, on place parfois les moutons d'engrais sur des planchers à claire-voie, faits en lattes de sciage de 3 centimètres d'épaisseur sur 5 à 6 de haut. Les excréments solides et liquides tombent à travers ces grillages établis sur de longues fosses de 0m,75 à 1 mètre de profondeur que l'on peut à chaque bout aborder avec des brouettes pour enlever le fumier.

Le matériel d'alimentation se compose, dans les anciennes constructions, d'une petite crèche en dessous d'un petit ratelier en échelle qui ne diffèrent guère que par leurs dimensions des appareils analogues des étables et des écuries anciennes; en compensation, ils présentent les inconvénients que nous avons signalés précédemment, au plus haut degré. Il est absolument nécessaire de remplacer ce matériel défectueux par des crèches-rateliers à barreaux verticaux. Nous avons traité cette question, avec détails appuyés de figures à l'échelle, dans notre *Traité des bergeries* (Dispositions diverses, constructions, etc.), Librairie de la maison rus-

tique, 1869. Nous recommandons surtout notre modèle double à pieds en X pour deux rangs de moutons tête à tête; ces rateliers servent à établir dans un grand bâtiment rectangulaire des travées ou bergeries partielles; car ils forment cloisons. Nous préférons toutefois un modèle de fourrières-rateliers qui évite plus sûrement toute perte de fourrage.

Lorsqu'on donne des fourrages hachés, les crèches ou auges doivent être en tôle ondulée ou garnie à leur bord supérieur d'un bourrelet saillant en dedans, pour empêcher les moutons d'attirer, en dehors de l'auge, leurs aliments, lorsqu'ils retirent la tête brusquement.

Portes. Les moutons ayant l'habitude caractéristique de se précipiter stupidement à l'entrée et à la sortie des bâtiments, les portes de bergeries doivent être disposées pour éviter les accidents que ces presses peuvent causer, aux brebis pleines surtout. On a placé, pour cela, contre les montants verticaux des baies, des rouleaux en bois contre lesquels les ventres frottent sans grandes avaries quand les axes de ces rouleaux veulent bien tourner. On a élevé le seuil des portes de 0m,50 à 0m,60 au moins au-dessus du sol de façon que les moutons ne puissent y atteindre qu'en passant deux à deux sur un plan incliné fixe ou mobile, en maçonnerie ou en bois. Une rentrée paisible est ainsi assurée; mais une disposition semblable à l'intérieur serait nécessaire pour assurer une sortie convenable. Enfin, ce qui paraît préférable à tout, c'est une porte très large (1m,25) au niveau du ventre des moutons et se retrécissant graduellement jusqu'au seuil, élevé de 0m,20 environ au-dessus du sol, et précédé, à l'intérieur comme à l'extérieur, d'un petit plan incliné de 0m,80 environ de largeur, tandis que le seuil n'a que 0m,66.

Porcheries. *Généralités.* Les logements modernes des porcs se composent de loges disposées en rangs simples ou doubles, sous des hangars ou dans de véritables bâtiments bien clos, avec couloirs de service pour l'apport de la nourriture et de la litière et parfois pour l'enlèvement du fumier. Ces loges peuvent être toutes de même dimension, 2 mètres en carré, par exemple, à la condition d'y loger un ou plusieurs animaux suivant leur âge et leur destination. Chacune de ces loges peut contenir, par exemple, un verrat, une truie pleine ou nourrice, un porc adulte à la fin de l'engraissement, ou bien deux jeunes porcs d'engrais ou cinq ou six porcelets sevrés. On peut aussi faire des loges de même profondeur et d'inégales largeurs pour isoler tous les animaux adultes. Pour de gros porcs à l'engrais, une largeur d'un mètre à 1m,20 suffit parfaitement. Pour une portée entière de porcelets, après le sevrage, on peut faire des loges de 3 mètres de large. Parfois même, on les place dans des loges plus grandes ouvertes, ou même dans de véritables cours.

Chaque loge doit, autant que possible, communiquer par une porte oscillante, avec une courette pavée ou bétonnée terminée au plus haut bout par une dépression formant baignoire. Ces dépressions doivent être situées de façon à ne pas pouvoir recevoir le purin ou l'égout de la cour; elles doivent être faciles à nettoyer ou à vider par un canal de fond et à alimenter par un tuyau à branchements. A l'opposé des cours, les loges communiquent avec un couloir de service sur lequel les auges peuvent être ouvertes pour le nettoyage ou l'apport des aliments et des boissons. Ce couloir, pour un rang unique, peut être réduit à 1 mètre de largeur. Pour deux rangs, il convient de porter sa largeur à 1m,20 surtout si l'on veut y établir un petit chemin de fer de service. Les porcheries formées de deux rangs de loges placées tête à tête sur un couloir commun de service sont les plus recommandables; mais il est certain que la disposition d'ensemble d'une grande porcherie d'élevage et d'engraissement peut varier suivant la forme de l'emplacement qui peut lui être consacré. Presque toujours alors, il y a un bâtiment central contenant au rez-de-chaussée un appareil à cuire les aliments, à feu nu ou à la vapeur, de grandes auges à mélange en ciment. Un réservoir d'eau; au premier, un logement pour un porcher et sa famille; un magasin pour la conservation des aliments précieux, etc.

Détails de construction. *Planchers.* Le sol d'une porcherie doit être absolument imperméable et non affouillable. Une petite couche de béton gras un peu hydraulique, terminée par un enduit en ciment hydraulique, forme le meilleur plancher : on y fait, par moulage avec mandrins, de petites rigoles à entrées étroites qui jettent promptement au dehors les urines et ménagent ainsi la litière.

Cloisons. Les loges sont formées par de petits murs ou cloisons qui n'ont pas plus de 1m,20 de hauteur et parfois 1 mètre seulement, suivant les races et la destination des individus. Les cloisons des loges de verrats seules doivent être élevées à 1m,20 au moins surtout pour les grandes races : ces mâles sont en effet parfois très turbulents, méchants même.

Les cloisons se font en moellons calcaires ou schisteux suivant les lieux, avec une épaisseur de 0m,32 au plus et sont enduits des deux faces. Il est préférable d'employer de bonnes briques ordinaires sur une épaisseur de 0m,11 (une demi-brique) sans enduits. On peut même à la rigueur réduire l'épaisseur de cette cloison à un quart de brique (0m,05), si ces matériaux sont bien moulés et surtout repassés avant la cuisson à la presse à briques; et si le mortier employé est un mortier fin hydraulique ou même de moitié sable et ciment à prise non trop rapide. Les grandes briques creuses pour cloisons minces peuvent être aussi employées, mais elles sont trop chères.

On fait aussi les cloisons en carreaux de plâtre et même en bois. Ces derniers genres de cloisons et même celles en briques sont forcément encadrées aux baies des portes et des auges par des poteaux en bois; et sont terminées en haut par une lisse ou main courante légèrement arrondie.

Matériel d'alimentation. Les porcs reçoivent leur nourriture et leur boisson dans une auge qui peut être en pierre creusée, en briques rejointoyées ou mieux en ciment hydraulique moulé à l'aide de

caisse et mandrins d'une forme appropriée : les sections transversale et longitudinale de cette auge sont rectangulaires avec angles arrondis en quart de cercle et pente au fond vers le milieu. Les dimensions de ces auges varient quelque peu autour des trois dimensions moyennes suivantes : $0^m,40$ de long, $0^m,33$ de large et $0^m,18$ de profondeur, pour un fort porc adulte, ou deux jeunes porcs.

Les auges en fonte assez répandues, surtout en Angleterre, ont relativement beaucoup moins de capacité. Au lieu de sections rectangulaires, on adopte des demi-cylindres circulaires ou elliptiques de façon à diminuer autant que possible le développement des parois ou le poids de la matière. Quelques constructeurs font ces auges avec une grande perfection et de plusieurs dispositions. Citons entre autres l'auge à volet de Torr, en Angleterre.

Pour les cours à porcelets, pour les jeunes porcs d'engrais, les constructeurs anglais ont des modèles très variés à deux, trois ou quatre places en rang simple ou de 4, 6 ou 8 places tête à tête. Les places font penser à de commodes tasses ou *écuelles,* qui sont disposées, grâce à des cloisons en barreaux placés avec intelligence, de façon à empêcher les animaux de se gêner réciproquement par la gloutonnerie qui les caractérise. On fait aussi des auges circulaires à cinq ou six places déterminées par les cloisons en égal nombre d'un couvercle rotatif qui suit les mouvements que les porcelets les plus voraces lui impriment en cherchant inutilement à prendre la part de leurs camarades. V. *Traité des porcheries.* Dispositions diverses, construction, etc. (Librairie centrale d'agriculture et de jardinage; A. Goin, éd.)

Poulaillers. *Dispositions d'ensemble.* Ces bâtiments n'ont ordinairement dans la ferme qu'une assez faible importance. Comme les porcheries, ils doivent être séparés des autres et sans communication avec eux. La meilleure exposition pour les principales ouvertures est l'est, et ensuite l'est-sud-est, ou l'est-nord-est. On peut souvent former avec les poulaillers et la porcherie une cour spéciale dite la basse-cour : les porcheries devant, comme les poulaillers, être placées sous le vent le plus habituel et pouvant être exposées, à la rigueur, au nord et au nord-est.

Les poules qui donnent leur nom à ces bâtiments, forment en effet presque généralement la portion principale de la gent emplumée de nos fermes ; et, à ce titre, les pièces principales leur sont consacrées. Elles ont au rez-de-chaussée un *pondoir-dortoir,* dans les vieilles constructions : les nids sont des paniers accrochés aux murs, et le dortoir, un perchoir en large échelle inclinée à 45 degrés, dont les plus hauts barreaux sont un sujet de querelle chaque soir au grand dommage du repos et de la bonne production des poules.

Dans les poulaillers modernes, on peut réserver au rez-de-chaussée une pièce spéciale pour pondoir avec nids étagés, en planches de chêne, en tuiles et briques ou en ciment, faciles à nettoyer et à préserver des insectes et des rongeurs. Sur cette pièce une salle au premier étage sert de dortoir. Les perchoirs étant tous à une même hauteur ne donnent lieu à aucune querelle. Les poules accèdent à l'étage par un couloir en plan incliné ou une échelle à barreaux assez rapprochés.

A droite ou à gauche du pondoir, on peut avoir une ou deux pièces servant l'une aux couveuses avec une couveuse artificielle et ses accessoires ; l'autre, aux épinettes, pour l'engraissement des volailles, avec *gaveuse* mécanique. Au delà, ou à l'opposé des pièces précédentes, au rez-de-chaussée, une pièce pour les oies et les canards, une autre pour les dindes. Au-dessus de cette dernière pièce, un clocheton ouvert à l'est ou au sud-est pour perchoir des dindes et dindons ; au-dessus des canards et des oies, un clocheton faisant pendant au premier et renfermant des pigeons de volières, etc. Ce groupe de bâtiments prête beaucoup aux inventions des architectes. Les diverses volailles doivent avoir des cours spéciales, avec abreuvoirs, etc.

Détails de construction. *Plancher.* Le sol de toutes les pièces d'un poulailler doit être fait d'une couche de ciment hydraulique posée sur une forme en béton, avec pentes des murs au centre, afin de pouvoir facilement laver à grande eau ce plancher. Les murs doivent être enduits de même jusqu'à $0^m,60$ au moins en ciment et au-dessus en plâtre fin. Les encoignures des murs doivent être arrondies dans le même but de propreté et le plafond en petites voûtes de briques.

Nids. Les paniers servant ordinairement de nids pour la ponte et même les couvées sont des réceptacles de saleté et de vermine ; ils doivent être absolument remplacés par des nids en forme de niches cubiques de $0^m,32$ à $0^m,40$ de côté en tous sens. On peut les étager sur trois ou quatre rangs. Le pondoir rectangulaire a, sur sa façade, une porte à l'extrême droite et à l'extrême gauche pour le service ; ces portes peuvent n'avoir que $0^m,60$ de largeur nette et $1^m,80$ de hauteur ; elles peuvent être vitrées dans leur demi-hauteur supérieure, ou surmontées d'impostes. Entre ces portes, à $0^m,60$ du sol, sont ménagés trois ou quatre guichets pour l'entrée des poules, avec une petite plate-forme au-devant, que les poules peuvent atteindre aisément, grâce à quelques barreaux ou chevilles plantés dans la façade. Ces guichets, de $0^m.15$ de large sur $0^m,32$ de hauteur, se ferment par une planchette glissant verticalement dans des coulisses. Les deux portes de service sont en tête d'un étroit couloir faisant le tour du pondoir, fermé sur ce couloir par la cloison verticale formant le dos des nids. Dans le fond de chaque nid, sur le couloir, une ouverture permettant de passer la main sert à enlever les œufs sans déranger les pondeuses. Ces petites ouvertures se ferment par des planchettes à coulisses. Le premier rang de nids a son fond à $0^m,10$ au-dessus du sol ; le second rang présente en avant une petite plate-forme où marche la poule pour gagner son nid. Le troisième rang présente une plate-forme. Quelques petites échelles permettent aux volailles de s'élever sans peine à ces plates-formes. Les nids sont ainsi disposés sur trois côtés en forme de fer à cheval, comme le couloir. Dans les deux retours du fer à cheval, on ne met

pas de nids; mais, sur le couloir, des planchettes formant des cases où l'on emmagasine provisoirement les œufs.

Bien que les nids puissent être faits en planches de chêne, en briques de champ pour les flancs et en tuiles ou ardoises pour les fonds, les meilleurs sont moulés en ciment hydraulique à prise rapide, à l'aide de mandrins; alors l'intérieur est un cube dont toutes les encoignures sont arrondies.

Le couloir doit être bien éclairé et le pondoir très modérément.

Les perchoirs, dans le dortoir, sont placés sur deux rangs parallèlement, en laissant au milieu un couloir de 0m,50, ainsi que le long des murs; ils sont formés chacun d'une espèce de banc fait de deux potelets verticaux de 0m,70 de haut, couronnés par une pièce de bois dite chapeau, arrondi sur sa face supérieure, et de 3 à 4 centimètres au plus de grosseur, pour que les doigts des volailles puissent l'envelopper d'un peu plus de moitié du contour.

Les fenêtres du dortoir doivent être assez élevées et exposées à l'est. L'entrée du plan incliné conduisant les poules au dortoir peut être en avant-corps, au milieu de la façade; sa largeur peut être de 0m,40 à 0m,60 tout au plus. L'entrée du dortoir doit être fermée par une porte à coulisse mue du sol par la personne chargée de la surveillance des volailles.

Les caisses à couveuses, les épinettes d'engraissement sont bien connues et les engins de l'industrie du couvage et de l'élevage artificiel forment tout un petit monde, que l'exiguité de notre cadre ne nous permet pas d'examiner ici.

La pièce destinée aux oies et aux canards, au rez-de-chaussée, peut être garnie de nids de mêmes dimensions que ceux des poules, pour les canes, et de 0m,40 au moins, pour les oies.

Clapiers. — Les lapins doivent être tenus dans des cases étagées en rangs, disposées de façon que chacune ait un grillage de faux-fond laissant tomber les excréments sur un fond garni de zinc en pente forte, jetant ce fumier sur un couloir facile à aborder à chaque extrémité. Chaque case est formée de deux pièces, l'une d'arrière, obscure, où se réfugie l'animal pour son espèce de rumination. Cette pièce communique par une baie avec la pièce antérieure, grillagée, devant laquelle est placée une petite auge fourrière recevant les aliments, que le lapin ne peut entraîner: il ne peut manger qu'en passant la tête entre les barreaux inclinés de la fourrière. Chacune des pièces d'une case peut avoir 0m,30 en tous sens. On les construit comme les nids de poulailler.

BATIMENTS POUR LES PRODUITS. GRANGES.

Mettre les gerbes de blé à l'abri des intempéries et des déprédations diverses, tels sont les buts que l'on veut atteindre par la construction d'une grange. Le premier but est atteint par l'emploi d'une bonne couverture et de murs du côté des vents pluvieux; le second, par une clôture complète de la grange, sur toutes les faces extérieures au moins. La disposition d'ensemble dépend essentiellement des conditions d'engrangement. Si l'on ne veut emmagasiner que par des fenêtres ouvertes sur deux, trois ou quatre faces, la profondeur de la grange ne peut dépasser 8 mètres; la longueur se compose alors d'un certain nombre impair de travées d'environ 4 mètres de largeur. La travée centrale est alors réservée pour l'aire à battre ou pour l'emplacement de la batteuse mécanique et des appareils accessoires, des chambres à menue paille, etc.

Si l'on veut engranger en faisant entrer les voitures de gerbes dans le bâtiment, celui-ci peut avoir une profondeur aussi grande qu'on le peut désirer; mais alors, pour chaque trois travées de 4 mètres, il faut une porte sur les deux faces parallèles. Le nombre des travées sera donc un multiple de trois, et ces travées ne pourront avoir moins de 4 mètres à 4m,2 de largeur d'axe en axe. La largeur des portes d'entrée doit être au minimum de 3m,38, et la hauteur de 4m,5 à 5 mètres.

Les portes de sortie, à l'opposé, peuvent être celles d'une porte chartière ordinaire, ou 2 mètres sur 3m,5 au plus. On entre la voiture pleine de gerbes par la première porte; on remplit la travée à gauche de cette porte, puis celle à droite et, en troisième lieu, la travée de la porte, en avançant la voiture jusqu'à la sortie et en ménageant toujours la place pour celle-ci. Il est préférable de laisser toute la façade sur la cour ouverte, la toiture étant, de ce côté, soutenue par des poteaux seulement; on peut alors pénétrer dans chaque travée avec les voitures de gerbes. Enfin, l'idéal pour la facilité d'engrangement serait une façade absolument ouverte, sans poteaux. On ne peut qu'en approcher en ne mettant des poteaux que tous les 8 mètres et en supportant, dans l'intervalle, la couverture par une sablière armée en forme de poutre en *treillis*. On peut même ne mettre un poteau que tous les 12 ou 15 mètres.

Un autre genre de grange se compose de deux grandes nefs latérales où l'on engrange les gerbes, en laissant toujours dans l'axe longitudinal du bâtiment un passage suffisant.

Le cube d'une grange dépend du nombre de gerbes ou du poids de gerbes à emmagasiner. On peut compter, pour les granges un peu hautes, 90 kilogrammes de gerbes par mètre cube, soit environ 12 gerbes de 7k,5, ou 8 gerbes au plus, net. La hauteur des granges sous égout ne doit guère dépasser 7 mètres, car alors l'engrangement exige trop de main-d'œuvre. Il vaut mieux prendre le cube voulu par une plus grande largeur ou longueur.

Détails de construction. *Plancher*. Le sol des granges est en terre battue; celui des aires à battre, en terre franche mélangée de paille ou de foin finement haché, ou même de bouses de vache. Sur le sol, on place, pour supporter les gerbes, un *soustrait*, composé d'une couche de fascines bien sèches ou de paille de colza. Il est préférable de faire un plancher en grillage de bois, supporté tous les 3 ou 4 mètres par des dés en maçonnerie ou des piliers en fonte spéciaux, terminés en haut par des champignons à bord extrême mince, vertical, ne permettant pas aux souris l'accès des

gerbes. L'air entre ainsi au-dessous des gerbes, s'y infiltre, les traverse, attiré par le petit échauffement qui se produit dans le tas et excite un courant de sortie par le toit et de nombreuses meurtrières ménagées à diverses hauteurs dans les murs. Ces meurtrières doivent être grillagées pour empêcher l'accès des oiseaux granivores. Le toit, dans le même but, peut être garni de lucarnes grillagées.

Les portes de grange doivent être roulantes.

Pour la parfaite conservation des gerbes, il ne suffit pas de l'aération dont nous venons de parler; il faut, en outre, que les murs, à l'intérieur, soient garnis d'un enduit bien uni, qu'il n'y ait aucun pilastre saillant et que les encoignures même soient arrondies ; on empêche ainsi la propagation des insectes destructeurs des grains.

Parfois, les gerbes n'appuient pas contre les murs, mais bien contre un grillage en longues pièces de bois, maintenues écartées par des tirants en fer. On soulage ainsi beaucoup les murs, qui, sans cela, devraient avoir un poids considérable pour résister à la poussée : il convient, en tous cas, par économie, de mettre à chaque travée, pour supporter la charpente, un contre-fort extérieur. Les murs peuvent alors avoir une épaisseur beaucoup moindre. Les fenils sont des hangars ouverts.

Grange à battre. C'est un bâtiment d'environ 12 mètres sur 5, placé au milieu de la longueur de la grange-magasin, en avant-corps sur la cour et éclairé sur trois faces. En sous-sol, il renferme la chaudière à vapeur et la cave au charbon; au rez-de-chaussée, les cases à menue paille, les huches à déchets de grains, le tarare débourreur de la batteuse et les chambres à paille hachée et à pulpe de racines, avec cases à fermentation. Au premier étage, la batteuse, avec large baie alimentaire sur la grange, parfois un moulin à meules de pierre, pour l'orge surtout, et le hache-paille et le coupe-racines. Au deuxième étage, les tarares finisseurs, les trieurs, cribleurs, etc.; au troisième étage, les aplatisseurs d'avoine, les concasseurs de graines et grains, les broyeurs de tourteaux, etc.; enfin, au dernier étage, les sacs de froment ou un grenier à blé.

Greniers a blé. De nos jours, la longue conservation des grains n'a aucune utilité pour le cultivateur : il a intérêt à vendre vite pour éviter les pertes de poids par dessiccation ou les détériorations de son grain par l'humidité ou les insectes. Aussi les greniers des fermes se réduisent le plus souvent à une chambre à plancher très solide, à solives mises, tant plein que vide, sur poutres très résistantes. Le blé y est conservé au besoin quelques mois en couches de 0m,60 à 0m,70 ne touchant pas les murs. On aère de temps en temps le grain par un pelletage méthodique : des fenêtres grillagées peuvent être ouvertes en temps favorable.

Un moyen préférable c'est l'établissement, à côté de la grange à battre, de quelques réservoirs en forme de tourelles carrées ou cylindriques, en bois ou en tôle, ouvertes à la partie supérieure pour y faciliter le vidage des sacs et fermées au fond par un faux-fond composé de nombreuses trémies quadrangulaires, la petite face en bas, ouverte, et jetant le grain par courants isolés verticaux dans une trémie unique que l'on n'ouvre que pour provoquer ce courant ventilateur et conservateur. Les grands greniers seraient de hautes cellules carrées ou hexagonales formées dans une immense halle par de simples cloisons verticales en bois ou en briques avec tirants de retenue : les fonds des cellules seraient à coulisses et au-dessus de tunnels d'accès pour la vidange méthodique.

Laiteries. Les dispositions de détail des laiteries seront examinées à ce mot, ainsi que les Glacières qui devraient toujours y être annexées.

BATIMENTS POUR ABRITER LE MATÉRIEL AGRICOLE.

Hangar pour véhicules. Ce sont des hangars ouverts de tous côtés ou s'ils ne doivent recevoir qu'un rang de charrettes ou chariots, fermés seulement du côté des vents pluvieux. La seule condition à remplir c'est que chaque travée présente entre les poteaux de façade, la place nécessaire pour mettre à l'aise deux voitures vides ou une voiture de gerbes ; soit un intervalle net, entre poteaux, de 4 mètres : la hauteur 4m,50 sous le plafond si l'on surmonte le hangar d'un grenier à fourrages ou à paille. En profondeur, un hangar simple peut avoir 3m,60 seulement, le toit avançant un peu. On peut adopter des hangars doubles à la condition que le mur de pignon soit du côté des vents pluvieux.

Les hangars pour charrues, rouleaux, etc., peuvent être quelconques pourvu que la profondeur ne dépasse pas 4 mètres et qu'entre poteaux, il y ait 3m,60 au moins. Ici encore nous croyons utile de mettre le moins de poteaux possible en soutenant la couverture par des sablières en *treillis*.

Une salle bien fermée de 4 mètres sur 4, au moins, doit être ménagée, à un bout du hangar aux instruments, pour y remiser les *semoirs*, les *houes multiples*, les *faucheuses* démontées, etc.; car ces instruments sont trop précieux pour rester à l'air libre. Une autre pièce fermée, attenante à une petite forge et une petite menuiserie, sert au dépôt des pièces mécaniques de rechange.

Fumières. Les fumiers recueillis dans les logements des animaux sont entassés sur des plates-formes rectangulaires, ou circulaires à grand diamètre, légèrement convexes et entourées d'une rigole superficielle limitée à l'extérieur par une digue en pente douce à peine visible mais suffisante pour empêcher l'eau des cours de noyer le fumier : la rigole intérieure conduit le liquide qui s'écoule du tas de fumier jusqu'à une fosse à purin placée à l'un des bouts, ou au milieu, suivant la forme adoptée pour les tas, et leur nombre. Pour les plates-formes circulaires, la fosse à purin est au centre. Le fumier est placé par couches bien uniformes avec parois extérieures verticales bien fermées par le rebroussement des pailles, et même des plaques d'argile : on ménage un plan incline pour amener le fumier jusqu'en haut, à l'aide de traineaux ou de brouettes roulant sur des planches.

Pour économiser la main-d'œuvre, on tire, traîne ou roule le fumier dans des trous à fumier

faits en forme de chemin creux entre deux murs latéraux de soutènement des terres couronnées par un petit mur à hauteur d'appui. Le vide intérieur a la forme d'un prisme triangulaire. Les deux faces en pente ont environ 12 centimètres par mètre : l'arête inférieure, où se réunissent les liquides égouttés de fumier, est surmontée d'une gouttière en bois renversée pour ménager l'écoulement de ces urines jusqu'à la fosse à purin fortement enterrée.

Détails de construction. Les plates-formes sont faites en pavés sur forme de mortier, en béton de terre argileuse et pierres, ou mieux en béton de chaux hydraulique. Le fond des trous doit être fait de même.

Fosse a purin. C'est une cave plus ou moins grande enfouie entièrement, ou en partie, suivant la situation des bâtiments par rapport à la cour. On les fait cylindriques ou carrées ou rectangulaires. Il ne convient pas d'admettre plus de 4 mètres de hauteur de liquide. Les voûtes sont ou d'un seul berceau en plein ceintre, ou un peu surbaissées, ou en petites voûtes transversales de briques sur poutrelles en fer. Ces voûtes sont recouvertes de terre parfois engazonnée. On doit laisser dans les voûtes des ouvertures d'échappement des gaz pour permettre au purin de mûrir ou pourrir.

Après avoir donné une indication succincte des dispositions particulières qui conviennent à chaque bâtiment d'une exploitation agricole, il nous reste à indiquer comment on doit les disposer les uns par rapport aux autres pour faire cet ensemble que l'on nomme une *ferme.* L'arrangement est basé sur quelques principes que nous allons examiner rapidement.

L'ensemble des bâtiments doit être tel que les services intérieurs soient aussi faciles que cela peut être désiré. La brièveté et la facilité des transports intérieurs des aliments, de la litière et des fumiers est la première condition à satisfaire. La facilité de surveillance de toutes les parties de la ferme, l'expansion possible rationnelle des divers bâtiments au fur et à mesure des besoins, leur bonne exposition suivant leur destination, les précautions contre la propagation des incendies, viennent ensuite et ont plus ou moins d'importance relative suivant la grandeur des exploitations.

Dans une petite exploitation, la ferme se réduit à un seul rang de bâtiments : au centre, la maison d'habitation communiquant parfois par des portes latérales directement avec l'écurie ou la vacherie, placées à droite ou à gauche de la maison. Aux extrémités une grange et un hangar d'un côté, une porcherie, avec poulailler de l'autre. Pour diminuer les chances de propagation d'incendie, la maison d'habitation placée au centre peut être séparée des autres bâtiments par des passages couverts, à toits faciles à abattre en cas d'incendie. Parfois même, il vaudra mieux placer l'habitation à une des extrémités.

Pour une exploitation plus importante les bâtiments sont placés sur deux rangs ; dans l'un, bien exposé au sud ou sud-sud-est, l'habitation avec les dépendances et l'écurie. Dans l'autre, la vacherie, la bouverie, la bergerie, s'il y a lieu, la grange et le hangar. Une cour avec plate-forme à fumier entre les deux corps de bâtiments. Ces deux corps de bâtiments peuvent aussi être mis en équerre.

Dans les moyennes exploitations, les bâtiments sont placés sur les trois côtés d'une cour ou disposés en fer à cheval. Au centre, l'habitation avec ses dépendances. Sur l'un des côtés, le mieux exposé, les logements d'animaux ; sur l'autre, les bâtiments pour les récoltes ; sur le quatrième côté ouvert, les fumières. Nous conseillons de séparer les trois corps de bâtiments : c'est moins économique ; mais il y a moins de chances d'incendie et plus de facilité pour l'expansion future des bâtiments.

Lorsqu'il s'agit de grandes fermes, les bâtiments forment ordinairement les quatre côtés d'une cour rectangulaire fermée ainsi de toutes parts. C'était rationnel lorsque la propriété n'était pas aussi bien garantie qu'aujourd'hui ; mais actuellement, nous préférons quatre corps de bâtiments isolés aux angles de la cour, pour les raisons indiquées précédemment. Un des corps de bâtiments exposé au sud, contient l'habitation, et ses dépendances plus ou moins directes. Les bâtiments en face renferment les récoltes ; les deux autres, les divers logements d'animaux, et parfois les hangars. La surveillance est facile, mais il n'en est pas de même des transports intérieurs.

Dans ces diverses dispositions, les logements d'animaux, les hangars mêmes sont surmontés de greniers à fourrages. C'est une méthode qui ne permet pas de préparer tous les aliments des animaux comme ils devraient l'être pour produire leur maximum d'effet.

Aussi, pour de grandes exploitations, nous conseillons une disposition d'ensemble des bâtiments très différente de celle que l'on adopte généralement : la voici, en quelques mots.

En principe, les logements d'animaux ne peuvent avoir, quand un parfait abri est nécessaire comme pour les vacheries à lait, etc., que des greniers perdus et pour les autres aucun grenier. Tous les aliments sont préparés dans un *bâtiment pivotal* d'où ils partent en *vagons* sous la direction d'un magasinier chef. Ce bâtiment est annexé à la grange à battre et à la machinerie centralisée, la grange à sa direction longitudinale perpendiculaire à ce bâtiment. A droite de cette longue grange, une cour spéciale dite du matériel et entourée des hangars aux instruments, de la forge, de la menuiserie, etc. et de l'écurie. A gauche de la grange une cour spéciale des racines et fourrages divers : parfois de distillerie, féculerie, sucrerie, etc. En avant du bâtiment pivotal, ou nourricier, un passage transversal formant comme un front de bandière pour les logements d'animaux séparés par des cours spéciales. Ces bâtiments reçoivent, par chemins de fer, leurs aliments en tête et sont débarrassés des fumiers par d'autres chemins de fer se réunissant à l'autre bout sur un trou à fumier. — J.-A. G.

— V. *Traité des constructions rurales* (2e vol.), librairie de la Maison rustique.

CONSTRUCTION DE MACHINES. Science qui a pour objet l'étude et la fabrication d'appareils ou

de machines qui, d'après des lois précises et mathématiques, doivent développer ou transmettre des forces. — V. CONSTRUCTEUR, INGÉNIEUR.

***CONTACT ÉLECTRIQUE.** Nom donné aux pièces qui, dans les appareils électriques, servent à établir une fermeture de circuit. Ce sont tantôt deux ressorts qui viennent à se toucher sous l'influence d'une pression exercée à un moment donné, tantôt des pièces fixes qu'un ressort ou autre pièce mobile vient toucher à un instant déterminé de sa course, ou inversement des pièces mobiles qui viennent toucher pendant leur course un ressort ou pièce fixe.

Contact fixe. *T. de chem. de fer.* Pièce de contact placée sur la voie ferrée, pour être atteinte par les véhicules des trains. On désigne, dans l'exploitation des chemins de fer, sous le nom d'*appareils à contacts fixes*, des systèmes de signaux dans lesquels on fait jouer un rôle au train lui-même, pour le fonctionnement de l'appareil. C'est ce qu'on appelle également des *appareils automatiques*.

Les appareils à contacts fixes les plus employés aujourd'hui peuvent être divisés en quatre groupes :

1° Les signaux d'avertissement, dans lesquels le train annonce lui-même son arrivée ou le degré d'avancement de sa marche ;

2° Les signaux de protection, ou disques automoteurs, qui se mettent d'eux-mêmes à l'arrêt pour couvrir chaque train, lorsque celui-ci passe devant le signal ;

3° Les signaux de *block-system*, où l'automaticité intervient, soit seulement pour empêcher les agents de découvrir la voie avant que le train ait réellement atteint un point déterminé de la ligne, soit pour faire faire au train lui-même toutes les manœuvres qui ferment la voie et la rendent libre ;

4° Enfin, les contrôleurs automatiques de la vitesse des trains.

Les *contacts fixes* sont de deux natures : les contacts *mécaniques* ou *électromécaniques* et les contacts purement *électriques*.

Les premiers sont généralement composés de pédales, placées près des rails, de manière qu'elles soient atteintes par les boudins des roues, au moment du passage de chaque véhicule. Le mouvement imprimé à la pédale se transmet, soit directement à l'appareil qu'il s'agit de manœuvrer, soit à un commutateur qui produit la fermeture ou la rupture d'un circuit électrique dans lequel est placé le signal.

Les contacts purement électriques, connus sous le nom de *crocodiles*, sont formés d'une pièce de bois, recouverte d'une feuille de cuivre isolée et reliée par des fils conducteurs à l'appareil du signal d'une part, à la pile d'autre part. Le crocodile est précédé d'une pièce de bois inclinée, qui lui sert de bouclier et prépare le contact avec les brosses métalliques dont est muni un des véhicules de chaque train.

Les crocodiles qui ne sont pas sujets aux chances de détérioration des pédales et qui permettent de limiter l'action du train sur le contact au seul véhicule muni de la brosse, sont généralement considérés comme le type parfait du contact fixe. Ils ont été imaginés par MM. Lartigue et Forest, pour l'application au *sifflet électro-automoteur* (V. ce mot), et ont été empruntés par MM. Ceradini, Ducousso, etc., pour la combinaison de leurs appareils automatiques de block-system. Tout récemment, M. Ducousso a fait essayer un nouveau système de contact électrique composé d'un fort aimant, dont les pôles sont munis de bobines et qui est fixé près de l'un des rails, dans une boîte en laiton. C'est un véritable générateur magnéto-électrique, dans lequel le passage des machines détermine la production de courants d'induction.

Enfin, aux Etats-Unis, *on emploie comme* contact et comme conducteur électrique la voie elle-même dont les rails sont isolés. La rupture du circuit obtenue par le passage d'un essieu sur cette voie est utilisée pour réaliser le block-system automatique. — M. C.

***CONTAMINE** (GÉDÉON, baron de), général et manufacturier, né à Givet en 1764, mort vers 1832. Entré dans les gardes du corps, en 1780, il émigra en 1791. A son retour en France, il créa, le premier, une fonderie de cuivre jaune. C'est aussi de la manufacture de Fromelennes, qu'il éleva en 1819, que sont sortis les premiers essais en grand sur le zinc appliqué aux arts et à l'industrie.

***CONTANT D'IVRY** (PIERRE), né à Ivry-sur-Seine en 1698, commença l'église de la Madeleine, dont la première pierre fut posée par Louis XV, le 3 avril 1764. Il construisit, pour le duc d'Orléans, le grand escalier d'honneur du Palais-Royal et les bâtiments de la cour des Fontaines. On lui doit, entre autres édifices, l'hôtel du gouvernement, à Lille, et l'église de Saint-Waast, à Arras. Il fut reçu membre de l'Académie royale d'architecture en 1728 et mourut à Paris en 1777.

***CONTÉ** (NICOLAS-JACQUES), né à St-Cernery (Orne) en 1755, mort en 1805. Tout jeune encore, il peignit des tableaux que l'on conserve à l'Hôtel-Dieu, de Sèes, où il fut élevé par charité. Il vint à Paris, se fit de suite remarquer par son génie inventif. L'Académie des sciences approuva une machine hydraulique de son système. Au moment de la révolution, Conté utilisa les ballons pour observer les mouvements de l'ennemi. Ses essais, à la bataille de Fleurus, furent couronnés de succès ; aussi lui donna-t-on la direction d'un corps d'aérostation que l'on créa et que l'on établit à Meudon. Invité par le comité de Salut public à remplacer la plombagine qui manquait depuis les hostilités avec les Anglais, Conté résolut le problème en créant le crayon qui porte son nom et dont sa famille a conservé le monopole. Il rendit de grands services, dans l'expédition d'Egypte, où la plupart des instruments nécessaires aux besoins du service furent engloutis dans le désastreux combat naval d'Aboukir. Conté sut pourvoir à tout. De retour en France, il eut la direction de la gravure des planches représentant les différentes phases de l'expédition. Dans ce travail encore, il sut trouver un procédé rapide et économique

pour exécuter les hachures des fonds, les ciels, les masses de monuments.

CONTEXTURE. *T. de tiss.* Effet principalement obtenu par l'entre-croisement, l'enchevêtrement ou par l'enlacement, plus ou moins compliqué, de fils, dont les uns tendus d'avance, dans le sens longitudinal, — de l'arrière à l'avant du métier à tisser — et maintenus ainsi parallèles entre eux, se nomment fils de chaîne ou simplement *fils*, et dont les autres, insérés par la navette dans les angles successifs d'ouverture de ces fils, et perpendiculairement à eux, se nomment *duites*. L'aspect qu'offrent le grain, la croisure, le velouté ou la transparence d'une étoffe, dépend du rôle tout spécial que le fabricant a cru devoir assigner aux fils et aux duites. Chacun de ces deux éléments concourt alors, suivant certaines conditions de pointage inventées par le compositeur et traduites fidèlement par le jeu des organes du métier, à la confection de l'ensemble qu'on désigne sous le nom général de *contexture*.

* **CONTINU** (Métier). Métier employé dans la filature de la plupart des matières textiles, coton, lin, laine, etc., et dans lequel les opérations de l'étirage, de la torsion et du renvidage ont lieu simultanément. On le désigne sous ce nom de *continu* par opposition au nom de *renvideur* donné aux métiers du genre Mule : les *Mule-Jenny* et les *Self-Actings* dont les fonctions sont intermittentes et périodiques.

Il existe diverses sortes de métiers continus : les *continus à ailettes*, les plus anciens et qui sont encore aujourd'hui couramment employés, et les *continus à anneaux* ou à *curseurs* (*Ring-throstle*) plus récents et qui se répandent tous les jours davantage, principalement dans la filature du coton. Nous donnerons la description de ces différents métiers en traitant de la *filature* et des métiers à filer. — V. ces mots.

Le terme « *continu* » est encore appliqué, avec la même acception, dans d'autres industries ; on dit par exemple : *blanchiment continu*, pour désigner l'ensemble d'une installation où les diverses opérations de la manutention, ont lieu sans intermittence et sans arrêts. Les pièces de tissu à blanchir, cousues l'une à la suite de l'autre, forment un boyau sans fin qui passe successivement d'une machine à l'autre, et parcourent ainsi un long trajet dans l'établissement, depuis le commencement jusqu'à la fin de leur traitement. On dit de même des machines employées, *rame continue*, *machine à laver continue*, etc.

* **CONTOURNÉ, ÉE.** *Art hérald.* Se dit des animaux qui ont la tête tournée à gauche de l'écu et le corps à droite, ou réciproquement.

CONTRAT D'APPRENTISSAGE. — V. APPRENTI.

* **CONTRE.** *T. techn.* Outil que le formier emploie pour fendre le bois.

CONTRE-APPROCHE. *T. de fortif.* On nomme ainsi, dans les travaux de siège, une sape exécutée par le défenseur, destinée à prendre à revers les tranchées de l'assaillant. Dans la défense des forts actuels il paraît difficile que l'assiégé puisse exécuter les travaux considérables qu'exigeait l'occupation de postes avancés, en présence de la précision de la nouvelle artillerie. Cependant un défenseur actif devra toujours chercher à étendre le cercle de son action extérieure par des tranchées dirigées principalement sur les ailes du front attaqué, de manière à prendre en flanc les travaux de l'assiégeant. Dans beaucoup de cas, ces contre-approches devront consister dans de petites embuscades exécutées par une dizaine d'hommes qui s'avanceront la nuit sur les points favorables, s'y creuseront un abri derrière une gabionnade de façon à se trouver suffisamment couverts au point du jour pour faire un feu très vif sur les têtes de sape qu'ils seraient ainsi parvenus à démasquer ou à tourner. Cette méthode des embuscades de nuit habilement appliquée par des défenseurs intelligents, pourra prolonger le siège en obligeant l'assiégeant à faire des travaux beaucoup plus développés qu'il ne le pensait au début, et aura dans tous les cas l'avantage de soutenir le moral de la garnison par de petites actions de vigueur qui sont généralement couronnées de succès. || *Ligne de contre-approche.* Tranchée simple ou double, gabionnée, s'étendant du glacis de la demi-lune d'un front collatéral, jusqu'à 25 à 30 mètres dans la campagne et se terminant par une petite flèche. || *T. de constr.* — V. CONTRE-ARÊTIER.

* **CONTRE-ARÊTIER.** *T. de constr.* Ardoise précédant celle qui est coupée obliquement pour former l'arêtier ; on dit aussi *contre-approche*.

* **CONTRE-AUBE.** *T. d'hydraul.* Petite aube placée en sens inverse de l'aube principale, et destinée à rejeter loin de l'axe de la roue le liquide qui a produit son effet.

* **CONTRE-BALANCIER.** *T. de mécan.* Balancier en bois ou en fonte, dont l'une des extrémités est attelée à la maîtresse tige d'une pompe, et l'autre chargée d'un contre-poids que l'on fait varier à volonté.

* **CONTRE-BANDÉ, ÉE.** *Art hérald.* Ecu dont les bandes sont opposées les unes aux autres. Les parties de bandes qui se répondent sont d'émaux différents.

* **CONTRE-BARRÉ, ÉE.** *Art hérald.* Se dit de l'écu carré quand les barres sont coupées de droite à gauche par une diagonale, et que les contre-barres qui se correspondent sont d'un émail différent.

CONTRE-BASSE. *Instr. de mus.* C'est le plus grand instrument de la famille des violons. Ses sons résonnent à l'octave basse de ceux du violoncelle, et par la gravité de son diapason et la puissance de sa sonorité, la contre-basse, en soutenant les masses harmoniques, exerce la plus grande influence sur l'orchestre. || Jeu d'orgues dont les tuyaux ont de cinq à onze mètres de longueur.

* **CONTRE-BASSON.** *Instr. de mus.* Instrument à vent, en cuivre, à quinze clefs et à anche, qui

donne l'octave basse du basson et sert dans les musiques militaires.

***CONTRE-BATTERIE.** *T. techn.* Lamettes, ailerons ou bricoteaux supplémentaires, destinés à la manœuvre des lisses du métier à tisser.

***CONTRE-BIAIS.** *T. de tiss.* Nom, donné à tout croisement, dans le sens opposé à celui du tors.

***CONTRE-BISEAU.** *T. techn.* Morceau de bois, garni de métal fermant le bas d'un tuyau d'orgue.

CONTRE-BOUTER ou **CONTRE-BUTER.** *T. de constr.* Contenir à l'aide de contre-boutants la poussée d'un arc, l'écartement d'un mur.

***CONTRE-BRETÉCHÉ. ÉE.** *Art hérald.* Se dit des pièces honorables bretéchées, lorsque les vides des créneaux d'un côté correspondent aux parties pleines de l'autre.

***CONTRE-BUTEMENT.** *T. d'arch.* Contre-fort destiné à consolider ou à soutenir un mur.

***CONTRE-BUTER.** — V. CONTRE-BOUTER.

CONTRE-CALQUER. Calquer sur un calque déjà fait, et que l'on retourne pour avoir le dessin en sens contraire.

***CONTRE-CHANGÉ, ÉE.** *Art hérald.* Se dit de l'écu dont la couleur du champ et des pièces est variée par des lignes de partition.

***CONTRE-CHEVRONNÉ, ÉE.** *Art hérald.* Se dit de l'écu chevronné, lorsqu'il est divisé, et que les chevrons qui se correspondent sont d'émail différent.

***CONTRE-CLAVETTE.** *T. de mécan:* Clavette destinée à renforcer une autre clavette.

CONTRE-CLEF. *T. d'arch.* Voussoir sur lequel s'appuie la clef d'une voûte. || *Contre-clef extradossée.* Contre-clef de même hauteur que la clef.

CONTRE-CŒUR. *T. de const.* Contre-mur en pierre, brique ou maçonnerie, qui forme le fond d'une cheminée et occupe l'intervalle des jambages, depuis l'âtre jusqu'au conduit de fumée. || On donne ce nom à la plaque de fonte ornée, dressée devant ce contre-mur.

***CONTRE-COMPONÉ, ÉE.** *Art hérald.* Se dit de la bordure componée, quand, l'écu étant fascé, les compons de métal correspondent aux fasces de couleur.

***CONTRE-COSTÉ.** *Art hérald.* Se dit d'un tronc d'arbre dont les nœuds sont opposés et de différent émail.

***CONTRE-COTICÉ.** *Art hérald.* Se dit de l'écu coticé, divisé en deux parties égales par une diagonale de gauche à droite, et dont les demi-cotices qui se correspondent sont d'émail différent.

***CONTRE-COUSSINET.** *T. de mécan.* Pièce de métal destinée à maintenir le tourillon d'un arbre dans ses coussinets de manière à assurer la position de l'arbre pendant le mouvement de rotation et d'éviter tout échauffement ou grippement. Dans les boîtes à graisse des fusées d'essieux de locomotives et de vagons, le coussinet supérieur qui supporte la pression transmise par les ressorts est seul en bronze, le contre-coussinet qui est au-dessous ne frotte pas au contact de la fusée et il est simplement en fonte. Dans les bielles, on donne souvent le nom de *coussinet de clef* au *contre-coussinet* qui reçoit la clavette et la contre-clavette du serrage, l'autre coussinet prend alors le nom de *coussinet de fond.*

***CONTRE-ÉCARTELER.** *Art. hérald.* Diviser un des quartiers d'un écu écartelé en quatre quartiers, en sorte que cet écu ait seize quartiers.

***CONTRE-ÉCHANGÉ.** *Art hérald.* Écu coupé de lignes.

***CONTRE-ÉCHARNAGE.** *T. de még.* Opération qui consiste à passer, sur la chair des peaux destinées à faire de la basane ou de la peau blanche, un couteau rond dont la pression chasse l'eau contenue dans les pores.

***CONTRE-ÉCHIQUETÉ.** *Art hérald.* Se dit de l'écu échiqueté dans lequel le métal répond à la couleur et réciproquement.

***CONTRE-ÉMAILLER.** *T. techn.* Emailler le côté concave d'un cadran.

CONTRE-ÉPREUVE. *T. de dess.* Epreuve que l'on tire en l'appliquant sur une épreuve fraîchement imprimée; on a ainsi un exemplaire de même sens que celui de la planche, ce qui rend la vérification plus facile. On opère de même pour les dessins au crayon.

***CONTRE-ESTAMPER.** *T. d'orfèv.* Donner un faux coup sur une pièce qu'on estampe et la défigurer.

***CONTRE-ÉTAMBOT.** *T. de mar.* Pièce de bois qui garnit intérieurement l'étambot, le renforce et le consolide dans le sens de sa longueur.

***CONTRE-ÉTRAVE.** *T. de mar.* Assemblage de pièce de charpente servant à lier l'étrave à la quille.

***CONTRE-FACE.** *T. de fortif.* Contre-garde élevée pour défendre une face de bastion. || *T. techn.* Surface d'une meule gisante. || Maçonnerie qui forme ordinairement la contre-face des meules.

CONTREFAÇON. La contrefaçon est une imitation frauduleuse des œuvres d'autrui, et constitue une véritable spoliation analogue à celle qui résulte du vol ou de l'escroquerie.

La contrefaçon s'attaque à trois sortes distinctes de propriétés intellectuelles : 1° la propriété artistique, scientifique et littéraire, constituée par une œuvre de l'esprit ou du talent, puis par le dépôt (du moins en France) d'un ou de plusieurs exemplaires de cette œuvre aux bibliothèques et aux collections nationales ; 2° la propriété industrielle, régie par la législation relative aux brevets d'invention ; 3° la propriété des marques et dessins de fabrique, qui se constitue par leur dépôt aux Conseils de prud'hommes.

L'imitation des monnaies est également une contrefaçon, lors même qu'elles sont fabriquées

aux titre et poids légaux. Mais ce cas est rare, le bénéfice résultant du frappage de monnaies identiques, quant à la valeur, aux monnaies officielles, n'étant pas suffisant pour déterminer la contrefaçon. Elle n'a lieu que lorsque le titre et le poids sont altérés ; alors elle constitue le crime de fausse monnaie.

Les renseignements divers et l'analyse de la législation spéciale relatifs à la contrefaçon des inventions industrielles ayant été donnés aux mots BREVETS D'INVENTION, notamment en ce qui concerne l'historique, les inventions industrielles susceptibles de privilège, les personnes appelées à jouir de ce privilège, sa durée, les formalités à remplir pour assurer sa conservation, — nous n'avons guère à nous occuper ici que des faits constitutifs de la contrefaçon et de la législation répressive.

Faits constitutifs de la contrefaçon. Le délit de contrefaçon résulte d'une atteinte portée aux droits du breveté, soit par la reproduction de son produit, soit par l'emploi de moyens faisant l'objet de son brevet. La loi qui définit ainsi le délit de contrefaçon abandonne nécessairement aux juges le soin d'en constater l'application ; mais elle a résolu une question que la législation sur la contrefaçon littéraire et artistique avait laissée sans solution, en décidant, au moins implicitement, que le délit de contrefaçon, à la différence du délit de recel, vente et introduction d'objets contrefaits, existe malgré la bonne foi du contrefacteur. C'est ce qui résulte tout d'abord du rapprochement des articles 40 et 41 de la loi du 5 juillet 1844. Aux termes du premier de ces articles, est contrefacteur quiconque attente aux droits du breveté, tandis qu'aux termes du second, les peines de la contrefaçon ne sont applicables qu'à ceux qui ont *sciemment* recélé, vendu ou importé en France des articles contrefaits. Les discussions dont la loi de 1844 a été l'objet ne laissent en outre aucun doute à ce sujet.

Ainsi, la vente, ou la mise en vente, ou l'entrée en France d'objets contrefaits et connus comme tels par les auteurs de ces actes, est assimilée par la loi au délit de contrefaçon.

Comme tous les autres délits, celui de contrefaçon peut être constaté par tous les officiers de police judiciaire.

Confiscation. La loi du 5 juillet 1844 a réglé ce qui concerne la confiscation des objets industriels contrefaits. Les propriétaires du brevet pourront, en vertu d'une ordonnance du président du tribunal de première instance, rendue sur simple requête et sur la présentation du brevet, faire procéder, par voie d'huissier, à la désignation et description détaillée, avec ou sans saisie, des objets qu'ils estimeront contrefaits. L'ordonnance contiendra, au besoin, la nomination d'un expert pour assister l'huissier dans sa description. Lorsqu'il y aura lieu à la saisie, la même ordonnance pourra exiger du requérant le dépôt d'un cautionnement préalablement à la saisie. Le cautionnement sera toujours imposé à l'étranger breveté qui requerra la saisie. Il sera laissé copie, au détenteur de l'objet présumé fabriqué, de l'ordonnance, ainsi que de l'acte attestant, s'il y a eu lieu, le dépôt du cautionnement ; le tout à peine de nullité et de dommages-intérêts contre l'huissier. Pour ne pas laisser longtemps le détenteur sous le coup de l'imputation qui pèse sur lui, la loi exige qu'à défaut par l'intéressé de s'être pourvu, par la voie civile ou correctionnelle, dans le délai de huitaine, augmenté d'un jour par trois myriamètres de distance entre le lieu d'existence des objets décrits ou saisis et le domicile du contrefacteur, recéleur, introducteur ou débitant, la description ou saisie sera nulle de plein droit, sans préjudice des dommages-intérêts qui pourront être réclamés. Lorsque la contrefaçon est poursuivie par la voie correctionnelle, les officiers de police judiciaire peuvent, malgré ces dispositions spéciales, ordonner, s'ils le jugent nécessaire, la saisie des objets réputés contrefaits.

La contrefaçon peut être l'objet, au choix de l'intéressé, d'une action civile ou d'une action publique ; mais contrairement aux dispositions de la loi relatives à la contrefaçon littéraire ou artistique, l'action publique, en matière industrielle, ne peut être exercée que sur la plainte de la partie lésée. L'action civile n'est subordonnée à l'accomplissement d'aucune formalité spéciale. Le contrefacteur, présumé ou prétendu tel, peut exciper contre l'action, soit publique, soit civile, de la nullité ou de la déchéance du brevet. S'il fournit la preuve de l'un ou l'autre de ces deux faits, il est évident qu'il ne peut pas être condamné comme contrefacteur. La distinction qu'établit le législateur entre la nullité et la déchéance a son importance, les deux faits ne produisant pas les mêmes effets. Le brevet frappé de nullité est censé, en effet, n'avoir jamais existé, tandis que le brevet tombé en déchéance, valable antérieurement, n'a cessé d'exister qu'à partir de la date des faits à raison desquels la déchéance est déclarée.

L'action purement civile doit être portée devant le tribunal du domicile du défendeur, et s'il y a plusieurs défendeurs, devant le tribunal du domicile de l'un d'eux, au choix du demandeur. Quant au tribunal compétent pour juger correctionnellement, c'est, conformément au droit commun, celui du lieu du délit ou de la résidence du prévenu. Le seul fait de la saisie de l'objet prétendu contrefait dans le ressort d'un tribunal n'est point attributif de juridiction à ce tribunal, si cet objet n'a été saisi qu'en cours d'instruction.

Le juge civil n'est compétent que pour accorder des dommages-intérêts au demandeur. Ces dommages-intérêts peuvent également lui être attribués par le juge correctionnel qui applique la peine. Ils doivent être calculés, non d'après les bénéfices connus ou présumés du contrefacteur, mais d'après la perte éprouvée par le porteur du brevet. Remarquons toutefois, à ce sujet, que cette perte ne peut guère être appréciée par le chiffre des bénéfices, si on les connaît, réalisés par le contrefacteur. (Pour les peines applicables au contrefacteur par le tribunal correctionnel, V. BREVETS D'INVENTION.)

La contrefaçon est un des fléaux de l'industrie

moderne. Elle s'exerce sans frein, sans mesure, à peu près assurée qu'elle est de l'impunité. Il est bien difficile, en effet, dans la plupart des cas, de surveiller l'emploi des procédés d'imitation, le produit ne l'indiquant pas par lui-même et le plus grand nombre des fabriques restant inaccessibles aux personnes du dehors.

La publicité donnée aux brevets est, d'ailleurs, insuffisante. D'un autre côté, l'intéressé peut reculer devant les conséquences d'une saisie due à une erreur ou à une déchéance du brevet, et devant les lenteurs, les frais, toujours considérables, d'un procès. Il n'y a guère que l'invention des machines qui soit, au moins dans une grande mesure, à l'abri des contrefaçons; quant aux améliorations chimiques et technologiques, elles y sont le plus exposées.

Le brevet pris dans le pays de l'inventeur n'entraîne généralement pas de dépense considérable; par suite, il peut plus ou moins aisément y satisfaire; mais s'il veut assurer la protection de son invention dans les autres pays industriels, la longueur de l'instruction préalable, le chiffre élevé des versements à opérer pour obtenir le brevet, le détournent le plus souvent de toute démarche dans ce but. Aussi, l'inventeur ne peut-il espérer, malgré la convention internationale du 4 novembre 1880, une protection quelque peu efficace que dans son pays, et il a souvent la douleur de voir les contrefacteurs étrangers s'enrichir du produit de la vente de l'objet qu'il a créé, tandis que, par des circonstances diverses, lui-même n'en a que très peu bénéficié. Aussi, les chances de contrefaçon portent-elles une atteinte grave à l'esprit d'invention dans le domaine de l'industrie; car, lors même que les principales nations industrielles s'entendraient pour protéger chez elles la propriété d'inventions brevetées dans une seule d'entre elles, il serait bien difficile au breveté, d'abord de constater la contrefaçon à l'étranger; puis, d'en obtenir ou d'en poursuivre lui-même la répression.

Il est une sorte de contrefaçon, en quelque sorte indirecte, qui porte à l'industrie tout entière d'un pays un préjudice considérable, c'est celle qui consiste à envoyer sur les marchés étrangers, et surtout sur les marchés hors d'Europe, certains produits comme originaires du pays qui passe pour les créer dans les meilleures conditions. C'est, notamment dans l'opinion d'un comité de fabricants qui s'est formé récemment pour rechercher les causes de la diminution des exportations françaises depuis 1875, à cette usurpation, par des maisons allemandes, des marques et dessins de fabrique de notre pays, qu'il faut attribuer la décadence relative de notre commerce d'exportation. Les auteurs de ces coupables procédés réussissent d'autant mieux, qu'appartenant à des pays où les prix de revient, par suite d'impôts moindres, d'une moindre cherté des matières premières et de la main-d'œuvre permettant de produire à meilleur marché, ils peuvent faire une concurrence victorieuse aux véritables produits français. Poursuivre de pareilles usurpations est à peu près impossible. Il en est une qui se fait, même en Europe, sur une échelle considérable et qui n'a jamais pu être réprimée, c'est celle des vins de Champagne; ces vins, très habilement fabriqués, toujours par des maisons allemandes, avec des vins blancs du Rhin ou de la Moselle, ont des débouchés très étendus en Allemagne, en Autriche-Hongrie et en Russie.

A ce sujet, nous croyons devoir signaler l'existence d'une société française qui s'est formée à Paris, en 1872, sous le titre de l'*Union des fabricants*, dans le but d'assurer la défense, à l'étranger, de la propriété industrielle et artistique, en prévenant l'usurpation des marques de fabrique, dessins et modèles français. Depuis son origine, cette société a lutté avec la plus grande énergie, dans les pays étrangers, pour en faire consacrer la propriété, soit par les tribunaux, soit par les autorités politiques. Elle a dépensé, pour cette œuvre vraiment nationale, des sommes relativement considérables et obtenu des résultats importants. Ses opérations ont commencé en Allemagne, ce foyer de la contrefaçon de nos modèles, de nos étiquettes, de nos marques de fabrique, et c'est surtout à Hambourg, ce port d'embarquement des produits contrefaits dans toutes les parties de l'Empire, qu'elle a attaqué le mal, comme dans sa racine. Il fallait d'abord obtenir le dépôt des marques de fabrique de nos nationaux. Après de longues négociations, elle obtint des gouvernements allemand et français une interprétation du traité de Francfort qui permettait ce dépôt. Ceci se passait le 8 octobre 1873. Presque à la même époque, une loi allemande prescrivit, à peine de déchéance, le dépôt à Leipsick de toutes les marques étrangères avant le 1er octobre 1875. La société l'*Union* avertit immédiatement l'industrie de notre pays du danger qui la menaçait. Le dépôt des marques françaises ayant été refusé, sous le prétexte qu'elles n'avaient pas été préalablement inscrites sur un registre de commerce allemand qui n'a pas d'analogue en France, la société provoqua de nouvelles négociations entre les deux gouvernements intéressés et obtint une transaction, par suite de laquelle plus de 2,000 marques de notre pays furent soustraites à la déchéance. Elle a également obtenu des succès considérables en Autriche-Hongrie. C'est sur sa demande qu'ont été signées, les 7 février, 1er avril et 10 juin 1874, les trois conventions franco-belge, franco-russe et franco-italienne, qui garantissent, dans ces trois pays, la propriété des marques de fabrique. En Italie, elle a réussi à créer un état juridique, en ce qui concerne la contrefaçon, qui ne le cède en rien à celui de la France. Signalons encore son succès en Espagne, en Portugal, en Angleterre et aux Etats-Unis. — A. L.

***CONTRE-FASCÉ.** *Art hérald.* Se dit de l'écu dans lequel les fasces qui se correspondent sont d'émail différent.

CONTRE-FICHE. *T. de charp.* Les contre-fiches sont des pièces en bois unissant le poinçon aux arbalétriers vers l'assemblage avec le faîte; elles ont pour but de maintenir les arbalétriers dans leurs positions respectives et d'éviter un affaisse-

ment du comble. L'extrémité assemblée dans le poinçon est maintenue par tenon et embrèvement, et l'autre extrémité porte un simple tenon qui s'assemble dans une mortaise pratiquée dans l'arbalétrier. On démontre en charpente que, dans cet assemblage, les différentes pièces ainsi maintenues, poinçon, arbalétriers et contre-fiche ne supportent que des efforts longitudinaux.

* **CONTRE-FLAMBANT, ANTE.** *Art hérald.* Se dit des pièces opposées, ondées et aiguisées en forme de flammes.

* **CONTRE-FLEURDELISÉ, ÉE.** *Art hérald.* Se dit des pièces honorables ayant des deux côtés des fleurs de lis opposées.

* **CONTRE-FLEURÉ, ÉE.** *Art hérald.* Se dit des fleurons en dedans et en dehors, opposés les uns aux autres.

CONTRE-FLEURONNÉ, ÉE. *Art hérald.* Ecu à fleurons alternés d'or et de métal.

CONTRE-FORT. *T. de constr.* Pilier construit en saillie sur un mur pour le renforcer au droit d'une charge ou d'une poussée. On emploie le contre-fort, soit comme pilier de maçonnerie, soit comme colonne en saillie.

« Les murs de soutènement doivent être construits avec empattement ou renforcés par des piliers butants, dont on réunit souvent les sommets par des axes, pour répartir les poussées et économiser la matière. Les murs élevés et isolés doivent être munis de *contre-forts* espacés d'environ 4 mètres ; la saillie varie suivant la hauteur du mur. La liaison entre la muraille et l'éperon doit être aussi complète que possible et le niveau des fondations doit être le même. » (P. CHABAT.) || *T. de cordon.* Pièce de cuir qui sert à renforcer le derrière d'une chaussure, au-dessus du talon. || *T. de typ.* Morceau de bois qui contient le contre-sommier d'une presse, et porte sur le plancher.

* **CONTRE-FOULAGE.** *T. de typogr.* Relief que produit la retiration sur le côté du papier déjà imprimé.

* **CONTRE-FRASE.** *T. de boul.* Troisième façon donnée à la pâte ; on la réunit en une seule masse, et on la transporte de droite à gauche et de gauche à droite par portions travaillées et retournées successivement, en les soulevant et en les laissant retomber avec force pour y faire pénétrer l'air, nécessaire à la fermentation.

CONTRE-HACHURE. *T. de grav.* Se dit des hachures qui en croisent d'autres, et qui tendent à former plutôt des losanges que des carrés ; elles ont pour but d'augmenter la vigueur des ombres.

* **CONTRE-HERMINÉ, ÉE.** *Art hérald.* Champ qui est le contraire de l'hermine, c'est-à-dire de sable avec mouchetures d'argent.

* **CONTRE-IMBRICATION.** *T. d'arch.* Ornement qui figure des écailles de poisson, en retraite les unes sur les autres.

* **CONTRE-ISSANT, ANTE.** *Art hérald.* Se dit des animaux adossés, dont la tête et les pieds de devant sortent d'une pièce de l'écu.

* **CONTRE-JAMBAGE.** *T. de maçonn.* Petit mur dont on renforce les jambages de fourneaux et de cheminées de cuisine.

* **CONTRE-JAUGER.** *T. de charp.* Reproduire à l'aide du compas de poche les lignes déjà tracées pour tailler exactement les joints, les tenons et les mortaises.

* **CONTRE-JUMELLES.** *T. de constr.* Pavés placés deux à deux de façon à les faire joindre au milieu du ruisseau.

* **CONTRE-LATTOIR.** *T. techn.* Outil du couvreur pour soutenir les lattes et les clouer.

CONTRE-MAÎTRE, ESSE. Celui, celle qui, dans un grand atelier, dirige des ouvriers ou des ouvrières ; on donne aussi à ces fonctions la qualité de *chef d'atelier*. Les fonctions de contre-maître sont délicates et difficiles, aussi doit-on les confier aux hommes spéciaux qui ont longtemps pratiqué le genre de travail qu'ils sont chargés de surveiller.

* **CONTRE-MANCHÉ, ÉE.** *Art hérald.* Ecu à pointes opposées.

* **CONTRE-MARCHE.** *T. de tiss.* Nom des leviers placés sous les marchettes et au-dessus des marches ou pédales d'un métier à lames ordinaire (tissage à bras). Ces leviers qui se trouvent dans un plan perpendiculaire à celui des marches, établissent, à l'aide d'un encordage spécial, une relation entre ces marches et l'extrémité extérieure d'autres leviers disposés dans le haut du métier. Ceux-ci, qu'on appelle *bricoteaux*, tiennent, par leur extrémité intérieure, les lames en suspension. Il en résulte que, quand le pied de l'ouvrier appuie sur une pédale reliée à une contre-marche, cette dernière, étant abaissée, détermine un mouvement de bascule dans le bricoteau correspondant et, par suite, la *levée* de la lame appendue à ce bricoteau. || *T. de charp.* Plan vertical qui donne la hauteur de chaque marche d'un escalier.

* **CONTRE-MARQUE.** *T. de charp.* Nom que les charpentiers donnent aux traits qu'ils font sur les pièces de bois façonnées, pour les reconnaître au montage. On écrit aussi *contre-marc.*

CONTRE-MINE. *T. de min.* Mine que l'on exécute pour éventer une mine ennemie et empêcher son effet. || Mine pratiquée sous les ouvrages de l'ennemi pour le faire sauter, ou sous les dehors d'une place assiégée pour faire sauter les assiégeants s'ils parvenaient à s'y loger.

CONTRE-MINEUR. Celui qui est chargé d'exécuter une contre-mine.

* **CONTRE-MOULAGE.** *T. techn.* Contrefaçon au moyen du moulage d'un ouvrage de sculpture.

* **CONTRE-MOULE.** *T. techn.* Moule destiné à consolider le moule direct. || Carton épais sur lequel on estampe des dessins que l'on veut reproduire.

CONTRE-MUR. *T. de constr.* Mur que l'on adosse à un autre pour le consolider ou le protéger.

***CONTRE-ONGLÉ, ÉE.** *Art hérald.* Membres d'oiseaux ou pattes de quadrupède, dont les ongles ou les griffes semblent se diriger les uns vers les autres.

***CONTRE-PALÉ, ÉE.** *Art hérald.* Se dit d'un écu dont les pals sont divisés horizontalement en deux parties égales et d'un émail différent.

***CONTRE-PANNETON.** *T. techn.* Platine évidée qui reçoit le panneton d'une espagnolette ou d'un verrou à pignon.

***CONTRE-PARTIE.** *T. techn.* Ce qui reste d'un dessin de marqueterie évidé pour en faire un ouvrage de rapport ou de placage.

***CONTRE-PASSANT, ANTE.** *Art hérald.* Animaux superposés et passant en sens inverse.

***CONTRE-PASSE** (Scier à). *T. techn.* Débiter le marbre par tranches prises sur toute la hauteur du bloc.

***CONTRE-PILASTRE.** *T. d'arch.* On donne ce nom aux parties d'un double pilastre qui flanquent un pilastre central.

***CONTRE-PLANCHE.** *T. de grav.* Seconde planche destinée à porter le mordant sur les parties du dessin laissées intactes sur la première planche.

CONTRE-PLATINE. *T. techn.* Plaque de fer en forme d'un S, placée du côté opposé à la platine d'une arme à feu. Cette plaque empêche les têtes des deux grandes vis de la platine de détériorer le bois. On dit aussi *porte-vis*.

CONTRE-POIDS. *T. de méc.* Excès de matière ménagé à dessein dans la construction des machines sur les pièces tournantes ou oscillantes qui supportent ou commandent certains organes excentriques, tiges ou bielles, etc., dont l'intervention reporte le centre de gravité en dehors du centre de rotation. Le contre-poids est destiné à rétablir la coïncidence des deux centres, il facilite le mouvement des pièces commandées à la main, et, dans tous les cas, il assure une régularité de mouvement qu'on n'obtiendrait pas autrement, il détruit les efforts perturbateurs résultant de la position excentrique du centre de gravité et qui pourraient, dans certains cas, entraîner la rupture des pièces. L'importance et la position des contre-poids se déterminent par un calcul qui peut devenir très difficile lorsqu'on a à équilibrer à la fois plusieurs pièces animées de mouvements différents; mais on peut dire, en général, qu'on les place toujours sur le rayon opposé à celui des pièces à équilibrer, et qu'on leur donne un moment égal par rapport au centre de rotation. || Généralement, poids qui sert à contre-balancer une force opposée ou à en modérer l'action, comme dans les anciennes horloges, les métiers de tisserands, les tourne-broches, etc.

***CONTRE-POINÇON.** *T. techn.* Outil que les serruriers emploient pour contre-percer des trous et river les pièces. || Tige d'acier qui présente le creux d'une lettre ou d'une figure qu'on veut avoir en relief, tandis que le poinçon les donne en creux. Les *creux* se nomment parties blanches, et *pleins* les parties saillantes.

***CONTRE-POINTÉ, ÉE.** *Art hérald.* Se dit de deux pièces aiguës dont les pointes sont en regard l'une de l'autre. || *Contre-pointes en fasce.* Chevrons couchés sur le côté des pointes tournées l'une contre l'autre.

***CONTRE-POSÉ, ÉE.** *T. de constr.* Se dit d'une pierre mal posée. || *T. de blas.* Pièces posées l'une sur l'autre, de haut en bas et dans un sens différent.

***CONTRE-POTENCE.** *T. d'horlog.* Pièce de montre ou de pendule portant le bouchon sur lequel tourne le pivot de la roue de rencontre.

***CONTRE-POTENCÉ, ÉE** *Art hérald.* Pièce honorable chargée de plusieurs potences dont les traverses sont opposées les unes aux autres.

***CONTRE-PRESSION.** *T. de mécan.* Pression qui s'exerce sur la face résistante du piston dans la distribution de la vapeur et qui tend à contre-balancer l'effort de la pression motrice. La contre-pression réduit ainsi d'autant le travail moteur disponible de la machine, et on doit s'attacher dans une distribution bien réglée à la ramener à sa valeur minima. Dans les machines sans condensation elle ne peut pas s'abaisser au-dessous de la pression atmosphérique, et dans les autres elle est limitée à la pression du condenseur. On restreint quelquefois le nom de contre-pression à tout excès de pression qui se produit au-dessus de cette limite inférieure et c'est dans ce sens qu'on dit qu'il faut l'éviter. Il s'en produit cependant vers la fin de la course du piston pendant que le tiroir avance des deux recouvrements, et cette période a d'ailleurs l'avantage de préparer l'augmentation de pression résultant de l'admission pendant la course en retour; mais on doit s'attacher néanmoins à en réduire la durée.

***CONTRE-PROFIL.** *T. techn.* Moulure semblable à une autre moulure, mais taillée en sens inverse, et qui est comme le moule par rapport à l'objet moulé.

***CONTRERAIL.** Ce sont des rails spéciaux que l'on installe, à l'intérieur de la voie ferrée, en certains points, tels que les passages à niveau, ou les cours de marchandises, pour faire disparaître la saillie des rails sur la voie ordinaire, et réserver un libre passage aux boudins des roues circulant sur cette voie.

Le contrerail est presque toujours un rail courant, posé sans inclinaison, un peu plus haut que le rail ordinaire, afin de soustraire ce dernier à l'action des roues des véhicules qui traversent la voie. Les contrerails qui ont une longueur égale à la partie que l'on veut réserver comme passage, sont infléchis en plan à leurs extrémités, de manière à donner de l'entrée aux boudins et éviter que ceux-ci ne les choquent directement. L'intervalle compris entre les contrerails est habituellement pavé, même à la traversée de routes empierrées, afin d'empêcher qu'une pierre ne se loge dans la rainure et ne cause un déraillement.

***CONTRE-REVERS.** *T. de p. et chauss.* Côté du ruisseau opposé au côté le plus large dans une chaussée creuse.

***CONTRE-RIVURE.** *T. techn.* Petite plaque de fer intercalée entre le bois et la rivure pour lui donner plus de prise sur le bois.

***CONTRE-SAILLANT, ANTE.** *Art hérald.* Se dit de deux anneaux qui, se tournant le dos, semblent s'élancer dans un sens opposé.

***CONTRESCARPE.** *T. de fortif.* Talus intérieur du chemin couvert jusqu'au fond du fossé. || On comprend sous le même nom le chemin couvert et le glacis.

***CONTRE-SEMPLAGE.** *T. de tiss.* Lorsqu'une mise en carte contient un dessin dont un ou tous les motifs se reproduisent en quinconce, tel motif que nous appellerons A et qui se trouve, par exemple, dans le quart *inférieur* de gauche de la carte, se reproduira inversement dans le quart *supérieur* de droite du même plan quadrillé. Le *liseur* qui aura *lu* le premier motif sur la première moitié — celle de gauche — de son *semple*, lira ensuite l'autre motif — le même retourné — sur la seconde moitié de cette même chaîne volante. Il *contre-semplera* donc l'effet, dans sa lecture, comme le metteur en carte l'avait *contredit* sur l'échiquier. De là le mot *contre-semplage* appliqué au dessin lui-même.

***CONTRE-SOMMIER.** *T. techn.* Peau dont le parcheminier couvre le sommier sur lequel il rature les peaux. || *T. de typogr.* Pièce de bois carrée portant le sommier d'une presse.

***CONTRE-TAILLE.** *T. de grav.* Tailles qui croisent les premières tailles d'une gravure et qui forment avec celles-ci des carrés, s'il s'agit de représenter une surface carrée ou des losanges lorsqu'on veut accuser des draperies ou des chairs.

***CONTRE-VAIRÉ, ÉE.** *Art hérald.* Se dit de l'écu vairé, quand les clochettes ont le métal opposé au métal et la couleur à la couleur.

***CONTRE-VAPEUR.** *T. de mécan.* Mode particulier de distribution de la vapeur dans lequel le piston moteur de la machine marche en sens inverse du mouvement qui correspondrait à cette distribution. La marche à contre-vapeur est appliquée à peu près exclusivement sur les locomotives, et elle constitue pour cette sorte de machine le type de frein le plus rationnel qu'on puisse imaginer, car l'effort de la vapeur est alors employé directement pour détruire la force vive de la machine ; sans qu'il en résulte d'usure pour aucun organe, tandis que dans tous les autres types de freins, cette force vive se trouve absorbée par des efforts résistants qui détériorent nécessairement les pièces (frottement des sabots contre les bandages des roues par exemple.) On peut même ajouter qu'avec la contre-vapeur, on réussit dans une certaine mesure, ainsi que nous le disons plus bas, à tirer un parti avantageux de cette force vive qu'on veut détruire, et qu'on peut s'en servir pour augmenter le travail moteur, et activer par exemple la vaporisation dans la chaudière.

Nous étudions au mot DISTRIBUTION le travail de la vapeur dans les cylindres des divers types de machines à vapeur, et nous n'avons pas à reproduire cette étude ici ; nous dirons seulement qu'on retrouve dans la marche à contre-vapeur, toutes les périodes de distribution que nous signalons d'autre part en marche directe, seulement les conditions sont complètement inversées, c'est-à-dire que la vapeur agit en quelque sorte sur la face résistante du piston, comme elle le fait sur la face motrice en marche normale et réciproquement. On s'en rendra compte facilement en considérant que le tiroir se trouve amené tout à coup à son cran extrême de marche arrière, pendant que le piston entraîné par la vitesse acquise continue sa marche en avant. Le tiroir ainsi déplacé avance alors en sens inverse de sa première marche, comme si l'avance à l'admission *d* s'était trouvée tout à coup modifiée et portée à 180°-*d*.

Considérons en effet les déplacements divers du tiroir pendant une course du piston supposé à fond de course et allant de gauche à droite, par exemple : le tiroir, qui en marche normale, ouvrait l'admission sur la lumière de gauche, s'est trouvé reporté vers la gauche de manière à masquer celle-ci et à découvrir la lumière de droite d'une quantité égale, ouvrant ainsi la communication de la boîte à vapeur avec la face résistante du piston. C'est la période d'admission en marche normale qui devient ici sur la face avant une période de refoulement dans la boîte à vapeur des gaz précédemment aspirés. Vient ensuite une période de compression proprement dite, qui correspond à la détente en marche normale et pendant laquelle la lumière de droite est masquée par les recouvrements intérieur et extérieur. Enfin dans la période d'échappement anticipé les gaz ainsi comprimés sont refoulés dans l'atmosphère. Sur l'autre face du piston, qui serait la face motrice, on retrouve de même les trois périodes qu'on observait autrement sur la face avant du piston. Au départ, le tiroir, qui s'est trouvé reporté subitement vers la gauche, met la lumière correspondante en communication avec l'échappement, et comme le piston se déplace vers la droite, il y a appel des gaz d'échappement, qui viennent remplir le vide laissé derrière le piston. Puis le tiroir masque la lumière de gauche, les gaz sont alors privés de toute issue hors du cylindre, il y a détente comme dans la marche normale pendant que le tiroir avance d'une quantité égale aux deux recouvrements. Enfin, lorsque le piston arrive à fond de course, le tiroir commence à démasquer la lumière de gauche et rétablit la communication avec la boîte à vapeur, c'est l'admission anticipée.

On reconnaît facilement, d'après cet exposé, que les périodes où la vapeur développe un travail moteur dans la distribution normale, correspondant à un travail résistant dans la marche à contre-vapeur, notamment la période d'admission qui se trouve remplacée ici par une période de refoulement dans la chaudière, et qui développe un travail résistant énorme.

La marche à contre-vapeur telle que nous venons de la décrire, entraîne toutefois certains inconvénients pratiques qui en rendraient l'emploi prolongé pratiquement impossible si on n'y remédiait. Il faut observer en effet que, dans la période d'aspiration, le cylindre se trouve en communication avec l'échappement, et se remplit nécessairement des gaz chauds chargés d'impuretés de la boîte à fumée. A la course en retour qui suit, ces gaz se trouvent refoulés dans la boîte à vapeur, et comme ils sont plus lourds que la vapeur, ils remplissent bientôt cette boîte et forment une sorte de piston fluide qui intercepte toute communication des cylindres avec la vapeur et se répand même bientôt dans la chaudière.

Ces gaz se trouvent donc continuellement aspirés, ils sont seuls comprimés dans les cylindres à chaque course du piston et amenés par là à une température considérable de 6 à 800° qui présenterait même, en se prolongeant, les dangers les plus sérieux : cet air chaud souillé d'impuretés brûle les garnitures, il détériore le métal des cylindres et des pistons et il détermine des grippements qui rôdent les parois des cylindres. En outre, dans la chaudière la pression s'élève rapidement d'une manière dangereuse en même temps que l'injecteur refuse de s'amorcer.

On réussit à remédier à ces inconvénients par des dispositions spéciales consistant à créer dans le tuyau d'échappement une atmosphère artificielle de vapeur qui se trouve aspirée dans les cylindres et prévient ainsi l'introduction des gaz chauds et impurs. On peut y arriver, en injectant à la base du tuyau d'échappement soit de la vapeur prise à la chaudière, soit un mélange de vapeur et d'eau, ou même simplement de l'eau de la chaudière.

On a bien essayé aussi d'injecter de l'eau froide du tender, mais une pareille solution est insuffisante, car cette eau qui se trouve vaporisée seulement par son contact avec les gaz chauds reste mélangée avec eux et les entraîne en même temps qu'elle dans les cylindres. L'injection de vapeur sèche de la chaudière, prévient bien toute introduction d'air chargé d'escarbilles dans les cylindres, et la vapeur aspirée se trouve ensuite refoulée d'ailleurs dans la chaudière à qui elle restitue ainsi la chaleur correspondant au travail résistant développé dans les cylindres. L'inconvénient de cette disposition, c'est que la vapeur se trouve surchauffée par le seul fait de son écoulement de la chaudière dans l'atmosphère, elle se comporte toujours comme un véritable gaz qui développe dans les périodes de compression le même excès de température. Il est préférable d'injecter avec le jet de vapeur une quantité d'eau suffisante pour absorber par sa vaporisation la chaleur de surchauffe et maintenir ainsi la vapeur saturée à sa sortie dans l'échappement et pendant la période de compression. La vapeur ne peut plus dépasser la température de saturation correspondant à la pression maxima, soit celle de la chaudière. Quelquefois on se borne à faire une simple injection d'eau au moyen d'un tube débouchant dans la chaudière un peu au-dessous du niveau normal de l'eau, ce qui fournit d'ailleurs en réalité de la vapeur très humide.

Ces dispositions essentielles n'auraient pas rendu encore la marche à contre-vapeur réellement pratique si l'emploi du changement de marche à vis ne s'était aussi répandu rapidement sur les locomotives : avec l'ancien changement de marche à levier, en effet, le mécanicien était impuissant à déplacer le tiroir sans fermer son régulateur, et il ne pouvait pas empêcher l'introduction des gaz dans les cylindres pendant la manœuvre.

Nous n'avons pas à rappeler ici les discussions nombreuses et passionnées auxquelles l'application de la contre-vapeur a donné et donne même encore lieu, disons seulement qu'elle a été appliquée depuis 1866 au chemin du nord de l'Espagne par les deux ingénieurs rivaux, MM. Ricour et Le Chatelier, elle s'est répandue ensuite en France, où elle est appliquée généralement aujourd'hui, notamment sur les réseaux de l'Est et de Lyon. L'application qui en a été faite au chemin de fer d'Orléans a même suscité un procès de revendication qui est encore pendant. L'usage en sera moins nécessaire maintenant en raison du grand développement que prennent les freins continus, toutefois elle n'en constitue pas moins un mode d'arrêt particulièrement précieux auquel on devrait peut-être habituer les mécaniciens à recourir plus souvent. Il faut reconnaître cependant que l'usage de la contre-vapeur ne laisse pas que d'être très délicat.

Généralement les mécaniciens hésitent à s'en servir, car l'emploi en exige des précautions toutes particulières et peut donner lieu à des accidents sérieux s'il n'est pas bien réglé.

D'après les règlements de la Cie de Lyon, le mécanicien doit régler l'injection de telle façon qu'on aperçoive constamment un nuage de vapeur sortant en jet continu de l'orifice de la cheminée. S'il n'y a pas assez de vapeur injectée, la pression s'élève dans la chaudière et l'injecteur refuse de s'amorcer. La pression s'élève également si l'eau est en proportion insuffisante en même temps que les garnitures des tiroirs et du piston s'échauffent et se brûlent rapidement. D'autre part il faut éviter aussi de porter cette proportion au delà du nécessaire, ce qui causerait une dépense inutile pour la chaudière, une diminution du travail résistant par suite de la condensation de la vapeur dans les cylindres, enfin la présence inutile et quelquefois dangereuse d'un excès d'eau dans les cylindres.

Il arrive aussi quelquefois que la réaction de la vapeur devient supérieure à l'adhérence des roues motrices, la machine patine alors en arrière, les pièces sont animées d'une grande vitesse, et les réactions qui en résultent sont si considérables qu'il peut être difficile, même avec le changement de marche à vis, de diminuer l'introduction.

En conséquence, aussitôt que la machine patine, le mécanicien doit d'abord fermer son régulateur, pour arrêter le patinage, puis il l'ouvre graduellement en réglant l'admission pour la marche inverse.

CONTREVENT. *T. de constr.* Outre le volet extérieur d'une fenêtre, on donne ce nom à des pièces posées obliquement dans le sens de la longueur d'un comble, et allant du poinçon au faîtage pour s'opposer à l'action du vent. || *T. de métall.* Paroi du creuset d'un fourneau, opposée à la tuyère. || On donne le même nom à la plaque qui forme ou recouvre cette paroi.

CONTROLE. La facilité avec laquelle les matières d'or et d'argent peuvent être altérées et le préjudice que ces altérations peuvent causer au Trésor et aux particuliers, ont fait intervenir depuis longtemps déjà des lois sévères qui règlementent le titre que ces matières doivent avoir. Le contrôle, qui paraît remonter à saint Louis, donne au gouvernement le droit d'exercer une surveillance sur les ouvrages des bijoutiers, des orfèvres, etc., et de constater, au moyen d'une marque, ou poinçon officiel, le titre de l'or ou de l'argent que ces ouvrages contiennent. — V. GARANTIE.

***CONTRÔLEUR DE RONDES.** Appareil destiné à vérifier si les veilleurs chargés de rondes de nuit exécutent régulièrement leur service. Les contrôleurs de rondes se composent le plus souvent d'une boîte fermée dans la paroi antérieure de laquelle est pratiquée une petite ouverture. Un mouvement d'horlogerie fait passer derrière cette ouverture un disque de carton ou une bande de papier divisés en espaces correspondant aux heures. Au moment où le veilleur passe devant la boîte, il trace au crayon, sur le carton ou le papier et au travers de l'ouverture, un signe conventionnel. La feuille est détachée le lendemain par la personne chargée de la surveillance des rondes et la position du signal sur le disque lui indique à quelle heure le veilleur a passé.

Dans un autre dispositif un peu différent, celui de M. Collin, la boîte dans laquelle se meut le disque à inscriptions n'est pas à poste fixe. Elle reste dans les mains du veilleur qui la transporte d'une station à l'autre et à chaque station l'introduit dans une boîte en fonte fixe et ne contenant qu'un poinçon qui porte le n° de la station. La boîte mobile s'adapte de la même façon dans toutes les boîtes fixes et chaque fois le poinçon marque sur le disque tournant, au travers de l'ouverture, le n° d'ordre qu'il porte. La position de cette marque indique l'heure du passage.

Contrôleur électrique de rondes. Appareil destiné à indiquer dans un bureau central de surveillance, au moyen de communications électriques le moment où le veilleur est passé en certains points du parcours qui lui est assigné. On a combiné différents appareils répondant à ce but, nous en décrirons deux.

Le contrôleur de rondes de M. Napoli (fig. 470) n'exige à chacune des stations par lesquelles doit passer le veilleur qu'un simple bouton de contact. Tous les boutons sont reliés au pôle positif d'une pile: Le pôle négatif est en relation avec un électro HH, puis avec un disque D' qu'un mouvement d'horlogerie tend à entraîner enfin avec une série de ressorts reliés par des fils aux différents boutons. Le disque est muni d'autant de goupilles *a* qu'il y a de boutons et ces goupilles sont disposées sur différents rayons en face de dents que porte la circonférence du disque. Pendant la rotation de ce dernier chacun des boutons peut passer sous un des ressorts. Enfin le disque entraîne avec lui un cylindre C', marqué de chiffres ou lettres correspondant avec ceux ou celles des boutons. Devant ce cylindre se déroule, sous l'influence d'une horloge, une bande de papier divisée en espaces correspondant aux heures et qu'un cylindre excentrique peut, à un moment donné, appliquer contre C'.

L'appareil étant au repos, la barrette N*f* est au contact des ressorts et elle appuie sur la tige de l'armature de l'aimant, ce qui empêche le disque

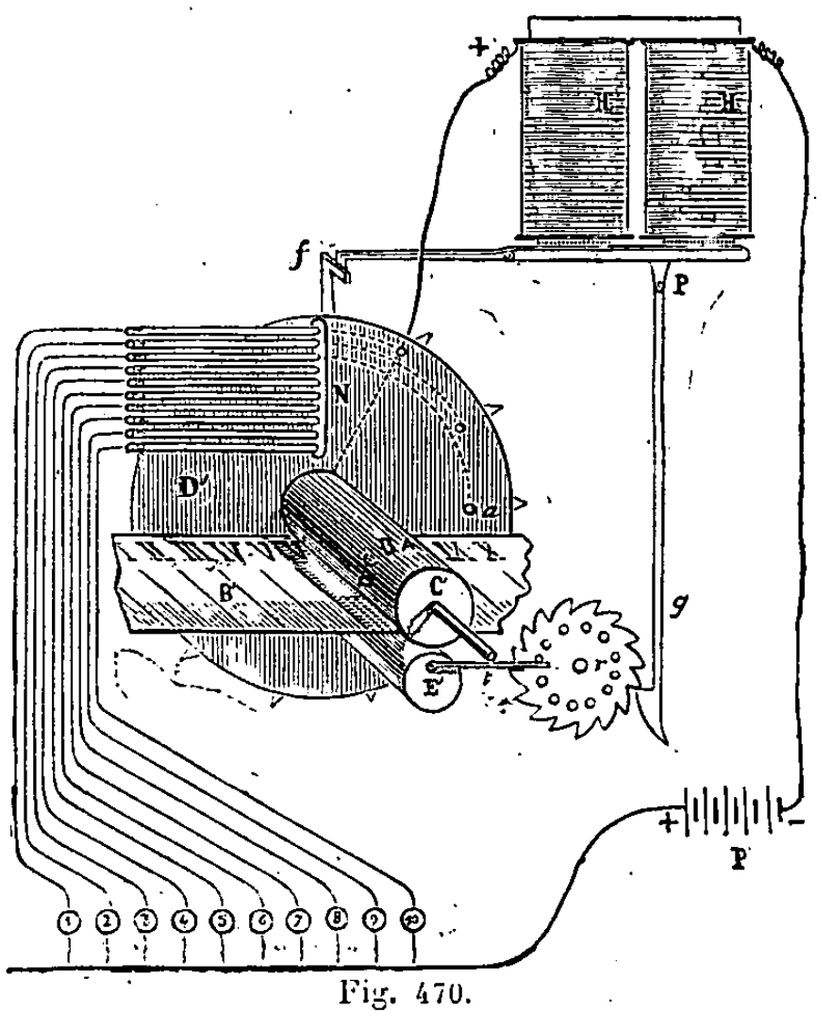


Fig. 470.

D' de tourner, en même temps le cylindre excentrique est enclenché par la tige *t*. Dans ces conditions, si on presse un des boutons, le n° 2, par exemple, le courant est établi, l'armature P est attirée, la roue *r* tourne d'une dent, ce qui ne suffit pas pour que la tige *t* soit déclenchée, mais, d'autre part, *f* est dégagée et le disque D' tourne en même temps que le cylindre C'. Les ressorts cessant de toucher N, le courant est rompu et ne se rétablit, le bouton restant toujours pressé, que quand la goupille 2 vient toucher son ressort. A ce moment, l'armature est de nouveau attirée et le disque D' est arrêté par la tige de celle-ci qui vient buter contre la dent extérieure correspondant à la goupille 2. En même temps la roue *r* avance encore d'une dent, la tige *t* est déclenchée et le cylindre excentrique, appuyant le papier contre C', y imprime la lettre correspondant au bouton pressé. Une fois qu'on lâche le bouton, le rouage continue à tourner jusqu'à ce que *f* bute de nouveau contre la tige de l'armature et tout revient à la position primitive.

Le contrôleur de rondes adopté pour le théâtre

de Francfort est surtout applicable à des rondes de grand parcours comprenant un assez grand nombre de stations. L'installation telle qu'elle existe comporte quarante-deux boutons d'appel divisés en sept groupes de six. L'indicateur placé dans le bureau du surveillant comprend six électro-aimants en relation chacun avec un de ces groupes et les boutons d'appel sont disposés de telle sorte que le sixième, qui transmet seul une indication, ne peut fonctionner que quand les cinq autres ont été pressés dans leur ordre de succession. Ces derniers boutons sont de simples contacts, le sixième (fig. 471) est muni d'un mécanisme spécial. Ce sont d'abord les languettes *l*, *m*, *n*, *o*, *p*, *q*, dont les cinq premières communiquent directement

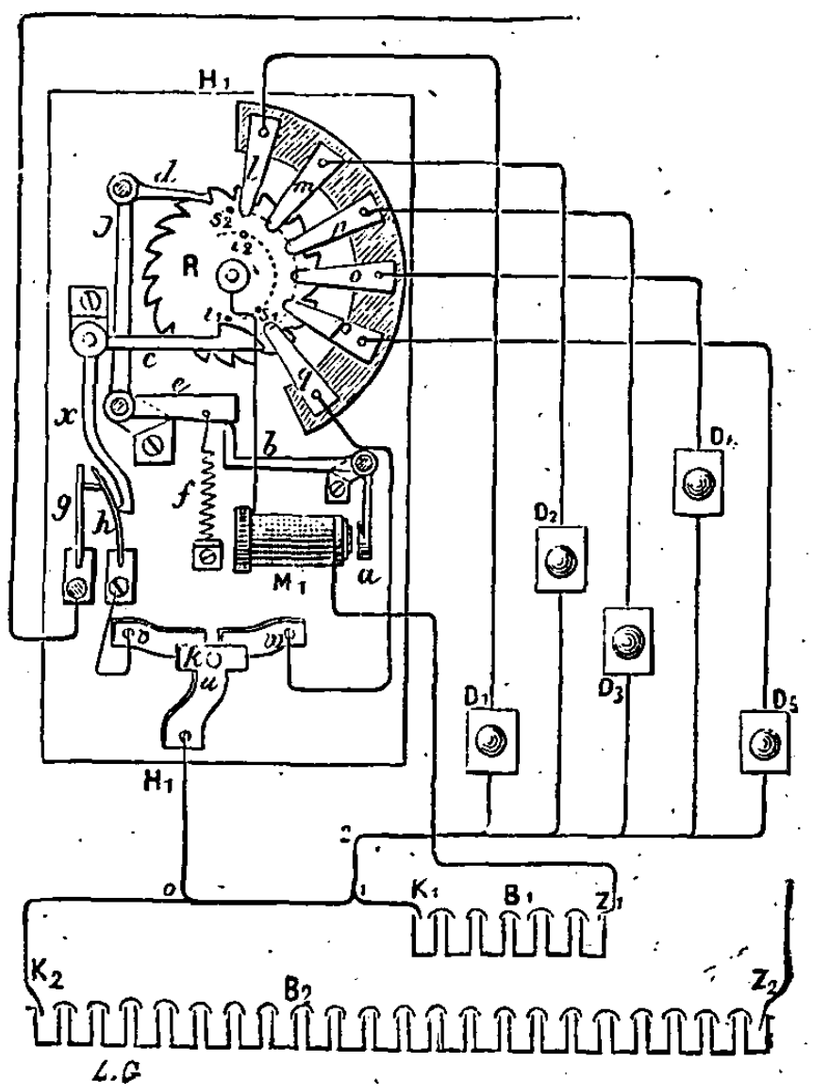


Fig. 471.

avec les boutons simples D_1, D_2, D_3, D_4, D_5. Ceux-ci sont reliés, d'autre part, par un fil commun au pôle positif K_1 d'une pile B_1. L'autre pôle est relié à l'électro M_1, puis à une roue à rochet R. Cette roue est placée derrière les languettes, mais ne les touche pas et communique seulement avec celle qui touche une goupille s_1 portée par la roue.

Dans la position d'attente, la goupille touche la languette *l*. Le courant ne peut donc être fermé qu'en pressant le bouton D_1. Si on le presse, l'électro M_1 est aimanté et il attire son armature *a* dont le bras *b* soulève le levier coudé *ej*; celui-ci fait reculer d'une dent le cliquet *d* et quand on cesse d'appuyer sur D_1, l'armature *a* se trouvant relâchée, le ressort *f* ramène *ej* à sa position primitive et la roue *h* avance d'une dent.

La goupille vient alors en contact avec la languette *m* et l'électro M_1 ne pourra être actionné qu'en pressant D_2. La fermeture de ce contact produira le même jeu que précédemment et la goupille viendra en *n*. En pressant ainsi successivement D_3, D_4, D_5, on la fera arriver en *q*; mais en même temps qu'elle passe de *p* en *q*, une autre goupille i_1 vient toucher la came qui termine le levier coudé *cx*. En abaissant ce levier, elle produit le contact entre deux ressorts *gh* précédemment séparés et c'est alors seulement que le sixième bouton *k* peut agir sur l'enregistreur et y envoyer le courant d'une seconde pile B_2.

Si on a abaissé ce bouton, le ressort *u* vient toucher d'une part *v*, de l'autre *w*; par *v* et le contact *gh*, il ferme le courant de la pile B_2 sur l'électro correspondant de l'indicateur central. Par *w*, la languette *q*, la goupille s_1 et la roue R, le courant se trouve fermé sur l'électro M_1. Cet électro agit comme précédemment; la goupillle s_1 se trouve dégagée, mais une autre goupille s_2 vient se placer sous la languette *l*; en même temps, la goupille i_1 dépassant la came, le levier *cx* se relève et les deux ressorts *gh* se séparent. L'appareil est donc revenu à sa position d'attente et prêt à un nouveau fonctionnement dans lequel les goupilles s_2 et i_2 joueront le rôle de s_1 et i_1.

L'indicateur placé dans le bureau du surveillant comprend sept électros correspondant aux sept groupes d'appel. Chaque mouvement de l'armature d'un de ces électros agit sur une aiguille et lui fait percer un trou dans une large bande de papier qui se déroule régulièrement. Un sixième de la largeur du papier est affecté aux indications de chaque aiguille et la position de chaque trou indique l'heure à laquelle le bouton qui lui correspond a été pressé. — A. G.

***CONVERTISSEUR.** *T. de métall.* On donne le nom de convertisseur (angl. *convertor*) à l'appareil qui sert, dans le procédé Bessemer, à la conversion de la fonte en acier. Un convertisseur doit renfermer de la fonte liquide, de 3 à 10 tonnes, suivant sa capacité; cette fonte, soulevée par de nombreux jets d'air comprimé, est soumise à des soubresauts nombreux et violents; cet appareil doit donc avoir une assez grande résistance. On le fait en épaisse tôle de fer, garnie intérieurement d'un enduit épais de terre réfractaire. On emploie peu les briques à cause des joints, qui sont une cause de détérioration; on préfère damer de la terre réfractaire, que l'on sèche et que l'on cuit. On se servait primitivement, d'un silex presque pur, ou *ganister*, avec lequel on empierre les routes des environs de Sheffield; on y a substitué presque partout une terre plus plastique et assez alumineuse. Il faut éviter la présence de la chaux, qui en se délitant amènerait une plus grande facilité de destruction. Nous donnons, à l'article DÉPHOSPHORATION, la description du mode de garnissage employé pour la fabrication de l'acier avec les fontes impures.

Un *convertisseur* ou *cornue Bessemer* se compose de trois parties: 1° un fond hémisphérique, qui porte la boîte à vent et les tuyères; 2° un corps cylindrique; 3° un bec conique, destiné à déverser sous une hotte la scorie et le métal entraînés par la flamme.

Un convertisseur est porté par deux tourillons

creux, par lesquels passe le vent qui sert à produire l'affinage de la fonte. Les mouvements destinés au remplissage et au versage, se font dans le plan perpendiculaire à l'axe des tourillons, au moyen d'appareils hydrauliques du genre Armstrong. — V. Acier, § *Acier Bessemer*.

COPAHU (Baume de). *T. de bot.* Produit visqueux fourni par plusieurs arbres du genre *Copaifera*, notamment les *Copaifera officinalis*, L., *Copaifera multijuga*, Hayne, etc., (Légumineuses), originaires des parties chaudes de l'Amérique du Sud.

Ce baume est abondamment sécrété par les arbres d'un certain âge, puisqu'un sujet de 25 à 26 mètres de hauteur, peut donner en quelque temps, jusqu'à 47 litres de liquide, d'après le voyageur Cross (*Pharmac. Journ.*, 23 décembre 1876, p. 516). On l'obtient en pratiquant des entailles ou des trous de tarière, à la partie inférieure du tronc, en ayant soin d'atteindre jusqu'à la portion médiane de l'arbre.

Le baume de copahu est un liquide épais, transparent ou légèrement trouble; de couleur variant du jaune doré au brun clair, suivant la provenance; d'odeur aromatique, de saveur âcre et amère. Sa densité est de 0,95; il est insoluble dans l'eau, mais se dissout bien dans l'alcool concentré, le sulfure de carbone, la benzine. Il prend une consistance dure, lorsqu'on le mélange avec un seizième de son poids environ, de magnésie, de chaux ou de baryte et d'un peu d'eau. Il possède un pouvoir rotatoire variable : le baume de la Trinité est dextrogyre; celui du Para lévogyre, ce qui s'explique, en disant que ces produits sont fournis par des plantes différentes.

Au point de vue de la composition chimique, le baume de copahu ne peut être considéré comme un véritable baume (il ne renferme ni acide benzoïque, ni acide cinnamique); c'est une solution de résine, dans une huile volatile; l'essence de copahu forme de 40 à 60 0/0 du poids de la masse. Avec ces corps, il faut citer une substance acide, l'*acide copahuvique* $C^{40}H^{32}O^4$.... $\overline{C}^{20}H^{32}\overline{O}^2$ (Schweitzer), un autre produit analogue, l'*acide oxycopahuvique* $\overline{C}^{20}H^{28}\overline{O}^3$... $C^{40}H^{28}O^6$ (von Fehling) et enfin, dans certaines espèces, comme dans le baume de Maracaïbo, l'*acide métacopahuvique* $C^{44}H^{34}O^8$... $\overline{C}^{22}H^{34}\overline{O}^4$ (Strauss).

Le baume de copahu est importé directement de Para, de Rio-Janeiro, de la Trinité, d'Angostura, en barils cerclés de fer, par la voie de New-York. On distingue dans le commerce trois sortes principales de baume de copahu : celui du Brésil, celui de la Colombie ou copahu de Maracaïbo, enfin le copahu de Cayenne.

Cette matière première est souvent falsifiée par l'addition d'essences (térébenthine, sassafras), d'huiles grasses (œillette, ricins), de résines (colophane, térébenthine). On peut reconnaître ces fraudes : 1° en traitant par l'alcool absolu, qui dissoudra le baume en laissant les corps gras autres que l'huile de ricin; 2° en mélangeant 4 parties d'alcool (D=0,84) avec 1 partie du baume suspect; on chauffe à 50 centigrades, et laisse refroidir. Il se sépare deux couches : la supérieure renferme l'huile de ricin et les essences. On distille; l'alcool et les huiles volatiles se volatilisent, et l'huile fixe reste avec la résine, s'il y en a, dans la cornue. En évaporant à l'air le liquide distillé, on chassera les essences ajoutées, lesquelles étant plus volatiles que celle de copahu, seront volatilisées les premières, et reconnues à l'odeur. Le résidu de la cornue donnera une émulsion blanche, avec l'eau, s'il contient de la colophane.

COPAL (*Résine*). Syn. : *résine animé*. Produit végétal, et peut être aussi d'origine fossile, que l'on trouve dans l'Afrique, ainsi que dans le nouveau monde.

Caractères. C'est une résine très dure, jaune clair ou soufré, inodore et insipide; sa densité est de 1,139. Elle est insoluble dans l'alcool anhydre, l'éther concentré, la benzine, les hydrocarbures; elle se ramollit, puis finit par se dissoudre, dans l'alcool bouillant, mais reste presqu'inattaquable par les alcalis. M. H. Violette a montré qu'elle devient très soluble à froid et à chaud, lorsque, par une distillation préalable, on lui fait perdre 25 0/0 de son poids; ou lorsqu'on la chauffe en vase clos à 350°, sans condensation. Elle perd ainsi sa couleur, devient très friable et facile à employer; elle absorbe alors de l'oxygène et perd du carbone.

Usages. Le copal est la base d'un grand nombre de vernis. Le vernis blanc, pour tableaux, est fait avec 500 parties de copal tendre, 40 de camphre, et 1000 d'essence de térébenthine; les vernis gras, avec 100 parties de copal préparé (par le procédé Violette), 300 parties d'essence de térébenthine, et 100 d'huile de lin cuite. Il suffit de chauffer avec la vapeur d'eau, dans un récipient étamé, pour dissoudre le copal, tandis qu'avant le travail du chimiste de Lille, la préparation des vernis était dangereuse et offrait de grandes chances d'incendie.

COPEAU. *T. techn.* Outre les rubans ou morceaux de bois qui se détachent du rabot ou d'un autre instrument tranchant, on nomme ainsi les déchets d'ardoises; chez les treillageurs, les petites pièces de bois très minces dont ils font des ornements, et chez les savonniers l'état sous lequel on utilise les pains de savon pour la fabrication des savons de toilette.

***COPIER** (Instruments et procédés à). Pour reproduire l'écriture et les dessins, augmenter ou diminuer les proportions des objets matériels, on a imaginé un grand nombre d'appareils. On distingue, ceux qui permettent d'obtenir un ou plusieurs exemplaires d'une lettre manuscrite, d'un dessin original. (V. Chromographe), et les instruments avec lesquels on peut copier ou réduire un dessin, un tableau, et ceux qui donnent la copie ou la réduction des statues, des bas-reliefs, etc. — V. Réduction.

***COPRAH**. L'amande de la noix de coco, débarrassée de sa coque, concassée et séchée au soleil, porte le nom de *coprah*. Cette amande est oléifère et le rendement, d'après Pennetier (*Leçons sur les matières premières*), est de 42 0/0 des amandes

fraîches et 69,30 0/0 des amandes sèches. D'après Girardin (*Leçons de chimie appliquée aux arts industriels*) la proportion moyenne fournie par 100 parties en poids serait de 80 0/0.

Le coprah est en morceaux de 6 à 12 millimètres d'épaisseur ou en 1/2 sphères creuses de 10 centimètres environ de diamètre. Ils sont blancs, blancs grisâtres ou blancs jaunâtres et recouverts d'un tégument mince et veiné de couleur gris brun ou rouge brun. Le coprah prend feu facilement et brûle d'un éclat assez vif.

Le coprah nous vient de la Guyane, de la Martinique, du Sénégal, de la Cochinchine, de la Nouvelle Calédonie, de Taïti. Les îles Pomotou, à l'est de Taïti, exportent annuellement plus de trois mille tonnes de coprah. Les amandes écrasées et pressées servent à la fabrication de l'huile de coco, que l'on extrait dans les pays de production et en Europe. L'Angleterre reçoit annuellement 10,000 tonnes d'huile de coco; en France, l'importation s'est élevée en 1876 à 3,740,000 kilogrammes environ.

COORDONNÉES. On appelle, en général, *coordonnées* les quantités nécessaires pour fixer la position d'un point sur une surface ou dans l'espace, par rapport à certains points ou certaines lignes fixes.

L'idée qui consiste à fixer la position d'un point au moyen de quantités mesurables, est l'une des plus fécondes qui se soient introduites dans la science, et l'une de celles qui ont le plus contribué aux progrès des sciences exactes. On le comprend aisément quand on songe que, par ce mode de représentation, la position d'un point devient une fonction de certaines grandeurs susceptibles de mesure, ce qui permet de remplacer les recherches spéculatives de la géométrie ordinaire par les procédés plus généraux et plus précis de l'analyse mathématique. Si le point vient à se déplacer dans l'espace, suivant une loi déterminée, ses coordonnées devront obéir à certaines relations mathématiques, qui, écrites sous forme d'équations, deviendront la représentation algébrique de la courbe décrite, de sorte que l'étude géométrique des courbes et des surfaces n'est plus qu'un chapitre de l'algèbre et se confond avec l'étude analytique des propriétés des équations. La notion si utile des *coordonnées* est due au philosophe français Descartes, qui doit être ainsi considéré comme le véritable fondateur de la *géométrie analytique*.

Le système de coordonnées qui a été imaginé par Descartes et qui est connu sous le nom de *coordonnées rectilignes*, ou *coordonnées cartésiennes*, consiste à rapporter la position d'un point de l'espace à trois droites fixes issues d'un même point, qu'on appelle l'origine des coordonnées.

Par cette origine O (1), faisons passer trois *axes coordonnés :* Ox, Oy, Oz, non situés dans un même plan, et sur lesquelles on distinguera un sens positif et un sens négatif. Les trois plans Oxy, Oyz, Ozx sont appelés *plans coordonnés*. Pour fixer la position d'un point M, on mène par ce point M une parallèle MP à l'axe OZ jusqu'à sa rencontre P avec le plan Oxy, et par le point P, une parallèle à Oy jusqu'à sa rencontre Q avec l'axe Ox. Les longueurs OQ, QP et PM, *affectées des signes convenables*, sont respectivement l'x, l'y et le z du point M. On voit facilement que ces trois coordonnées sont les trois arêtes d'un parallélipipède qui a l'un de ses sommets à l'origine O, et le sommet opposé, au point M. De cette manière, les trois coordonnées du point M peuvent varier de $-\infty$ à $+\infty$, et à chaque système de trois valeurs quelconques pour x, y et z, correspond toujours un point de l'espace, et un seul.

Une surface sera représentée par *une* équation entre les trois coordonnées d'un de ces points, et une ligne par un système de *deux* équations simultanées, auxquelles devront satisfaire tous les points de la ligne. Ainsi, un plan sera représenté par une équation du 1er degré à trois variables, un cône ayant son sommet à l'origine par une équation homogène en x, y, z; une ligne droite par un système de deux équations du 1er degré; une section conique par une équation du 2e degré, associée à une autre du 1er degré, etc.

L'intersection de deux surfaces est une ligne courbe qui a pour équation les deux équations des surfaces, et les coordonnées des points d'intersection de trois surfaces s'obtiennent en résolvant simultanément les trois équations de ces surfaces.

Si les trois axes *coordonnés* sont deux à deux perpendiculaires, les coordonnées sont dites *rectangulaires*. Les coordonnées rectangulaires sont d'un grand usage dans la mécanique, à cause de la facilité qu'on a de remplacer chacune des forces qui agissent, par leurs trois composantes estimées suivant les trois axes coordonnés. — V. Chemin.

Ce mode de représentation convient aussi bien à la géométrie plane, car il suffit de tracer les axes Ox et Oy dans le plan de la figure et de supposer la coordonnée z constamment nulle, pour ne plus sortir de ce plan. Une ligne plane est alors représentée par une équation à deux variables, et les points d'intersection de deux lignes s'obtiennent en résolvant simultanément les équations de ces deux lignes.

Parmi les autres systèmes de coordonnées, nous citerons, dans le plan, les *coordonnées polaires*, où la position d'un point M est représentée par la distance ρ de ce point à un point fixe O, qui s'appelle le pôle, et l'angle ω, que la ligne OM, appelée rayon recteur, fait avec une direction fixe Ox, appelée axe polaire.

Une courbe plane quelconque est représentée par une équation entre ρ et ω. Ainsi, la spirale d'Archimède, engendrée par un point qui s'éloigne d'un mouvement uniforme sur une droite OM, pendant que cette droite tourne uniformément autour du point O, aura pour équation $\rho = a\omega$, a étant une constante. Le passage des coordonnées polaires aux coordonnées rectangulaires, et réciproquement, se fait au moyen des formules suivantes :

(1) Le lecteur est prié de faire la figure

$$x = \rho \cos \omega$$
$$y = \rho \sin \omega .$$
d'où $x^2 + y^2 = \rho^2$

Les coordonnées polaires peuvent aussi servir à fixer la position d'un point dans l'espace ; mais il faut alors considérer deux angles au lieu d'un ; outre l'axe polaire, il faut imaginer un plan fixe zOx (fig. 472) et le point M sera déterminé :

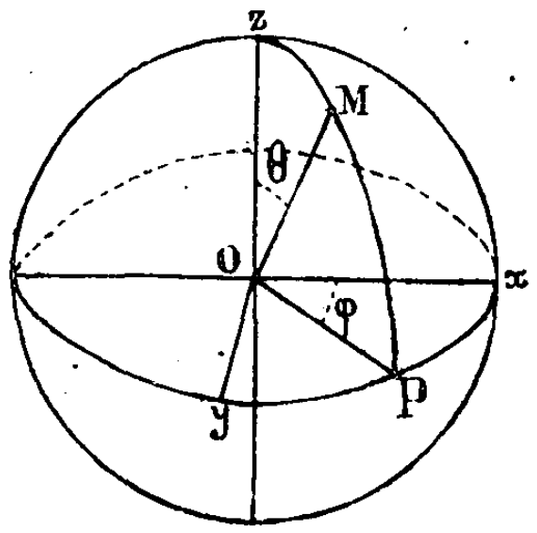


Fig. 472.

1° par son rayon recteur $\rho = OM$; 2° par l'angle θ compté de O à π, que ce rayon polaire fait avec l'axe polaire oz, ou bien par son complément POM compté de O à $\frac{\pi}{2}$ à partir du plan xOP et considéré comme positif d'un certain côté de ce plan, et négatif de l'autre ; 3° par l'angle φ, compté de O à 2π, que fait le plan zoP avec la direction positive du plan fixe zOx. Pour passer des coordonnées rectangulaires aux coordonnées polaires, et réciproquement, on emploiera les formules :

$$x = \rho \sin\theta \cos\varphi$$
$$y = \rho \sin\theta \sin\varphi$$
$$z = \rho \cos\theta .$$
d'où encore : $x^2 + y^2 + z^2 = \rho^2$

Ce système se prête fort bien à la représentation d'un point sur une sphère ; mais alors, il suffit des deux coordonnées angulaires, car le rayon recteur constant ρ devient inutile.

Le point où l'axe Oz perce la sphère s'appellera le pôle de la sphère, et le grand cercle perpendiculaire à cet axe sera l'équateur. Les coordonnées astronomiques et géographiques désignées sous les noms de *longitude* et de *latitude*, d'*ascension droite* et de *déclinaison*, ne sont que des applications particulières des coordonnées polaires.

Les géomètres se servent encore des coordonnées dites *tangentielles*, *trilinéaires*, *homogènes*, etc. Nous renverrons, pour l'étude de ces divers systèmes, aux traités de géométrie analytique. — M. F.

* **COQ**. *T. de constr.* Sorte de crampon ; arrêt de charnière. || *Art hérald.* Meuble d'armoiries qui signifie vigilance et fierté ; on le représente de profil, la tête haute, la queue retroussée et les plumes retombant en panache.

COQUE. 1° *T. de mar.* Corps d'un navire, sans mâts et sans gréement (V. CONSTRUCTION NAVALE). || 2° *T. techn.* Cuve en plâtre qui sert à faire ressuer les pâtes céramiques. || 3° *Coque d'œuf.* Défaut de glaçure de certaines poteries ou porcelaines, et qui consiste en petits points ternes. || Variété très fine de porcelaine de Chine. || 4° *T. dejoaill.* Demi-perles qu'on assemble deux à deux pour imiter les perles entières. || 5° *T. de serrur.* Petites pièces de fer qui conduisent le pène.

* **COQUEAU** (JACQUES), l'un des architectes du château de Chambord, a succédé en 1538 à Pierre Trinqueau. Suivant quelques documents, il « était contrôlleur des ouvraiges et réparations de la court de Bloys » et à partir de 1556, dit Félibien, « il reçut 400 livres par an, en qualité de maistre maçon du roy, pour avoir la conduitte, faire les desseins et les devis de la menuiserie et de la charpenterie ».

I. **COQUILLE** 1° *T. de mach.* Porte de fermeture des *condenseurs à surface* (V. ce mot). L'eau chassée par la pompe de circulation arrive dans l'espace ménagé entre l'entrée des tubes et la coquille et passe ensuite dans l'intérieur des tubes. La coquille porte, venu de fonte avec elle, un réservoir d'air dont le but est d'atténuer les chocs qu'elle reçoit à chaque refoulement de la pompe. || 2° Qualification des *tiroirs* dans lesquels l'introduction de vapeur dans les cylindres a lieu par les arêtes extérieures et l'évacuation par les arêtes intérieures. || 3° *Condensateur à coquille.* Appareil à distiller, dans lequel la surface réfrigérante se compose de capsules doubles, en métal de peu d'épaisseur, réunies par leurs bords. || 4° *T. de métall. Fonte coulée en coquille.* Fonte dont on veut durcir la surface et qu'à cet effet on coule dans des moules en fonte ou en acier. || 5° Moule autour duquel on projette de l'eau pour amener le refroidissement subit du métal après la coulée. || 6° Chacune des deux parties d'un moule. || 7° *T. d'arch.* Décoration en forme de conque marine que l'on place dans le fond de la partie sphérique d'une niche. || 8° *Coquille d'escalier.* Dessous de l'assemblage des marches d'un escalier. || 9° Voûte en quart de sphère qui forme la partie supérieure d'une niche en arcade de plein cintre. || 10° *T. de fourb.* Partie de l'épée, du fleuret, du sabre, en forme de coquille, et qui protège la main contre les coups de l'adversaire. || 11° *T. techn.* Outil du lapidaire. || 12° Partie d'un tuyau sur laquelle porte une soupape. || 13° Morceaux de métal semblables, forgés et emboutis en relief pour être soudés ensemble, comme par exemple les deux moitiés d'une boule. || 14° Fourneau en terre cuite ou en fonte et ouvert par devant, qui sert à rôtir la viande ou la volaille disposée sur une broche en face de la coquille. || 15° Sorte de papier à écrire qui porte dans le filigrane la marque d'une coquille. || 16° *Or, argent en coquille.* Pâte faite de miel et de feuilles d'or ou d'argent réduite en poudre qu'on emploie pour la dorure et l'argenture, et qui se vend en coquilles. || 17° Plaque métallique qui, dans le clichage, sort du bain galvanique.

II. **COQUILLE**, L'enveloppe calcaire des mollusques testacés offre à l'industrie une matière utilisable pour une foule d'objets de luxe et de fantaisie : *bénitiers*, *coffrets*, *étuis*, etc.

Si, à cause de leur forme, elles ne se prêtent pas à ces ouvrages, on les refend dans le sens de l'épaisseur, et on enlève ainsi aux grandes écailles des plaques de nacre que l'on emploie en joaillerie et pour les incrustations de tous genres.

Les coquillages les plus recherchés pour leurs dimensions, leur forme, ou leurs nuances sont les grandes *tridacnes* en forme de vasque, à côtes régulières, jaune blanchâtre, d'un blanc nacré à l'intérieur et employés surtout comme bénitiers ; les *nautiles* que l'on monte sur d'élégants pieds de métal ou de bois précieux, pour les utiliser comme vases ; les *porcelaines*, diversement nuancées, d'un beau poli et qui servent surtout à faire des tabatières. Toutes ces coquilles ont une valeur variant, suivant leur grandeur, leur forme, leur couleur. Quelques variétés peuvent atteindre 500 francs et même jusqu'à 1,200 francs.

Toutes les coquilles calcinées et broyées, donnent un engrais assez recherché, composé de calcaire et de chlorure de sodium.

Ces différentes applications des coquilles donnent lieu à une pêche active et lucrative ; dans la mer des Indes, aux Antilles, sur les côtes d'Afrique, on en recueille de grandes quantités que l'on expédie dans tous les ports de l'Europe, en sacs, en nattes ou en caisse.

III. **COQUILLE**. *T. d'impr.* On donne ce nom à la lettre placée, en distribuant, dans un autre casetin que le sien, ainsi qu'à une faute du compositeur qui consiste à substituer une lettre à une autre.

— Parmi les fêtes religieuses que célébraient autrefois les imprimeurs de France, sous la bannière de saint Jean-Porte-Latine, leur patron, il en est une qui était instituée en l'honneur de la *coquille*. Un mannequin appelé le *Seigneur de la Coquille*, et qui était la personnification grotesque des fautes typographiques, était promené dans les rues de la ville. Dans un livre intitulé : *Recueil faict au vray de la chevauchée de l'Asne, faicte en la ville de Lyon* (Lyon, Guillaume Testefort), on y lit ce qui suit : « Un drôle ou masque tenait une lance en main où estoit le guidon du Seigneur de la Coquille, estan iceluy de taffetas rouge et au milieu d'iceluy un grand V vert, et audedans d'iceluy V estoit escrit en lettres d'or : *Espoir de mieux!* » Si l'on nous demande pourquoi le V était choisi plutôt que tout autre lettre de l'alphabet, nous dirons que le v était alors notre u actuel et qu'il favorisait singulièrement les coquilles, en ce sens que l'u retourné devenait un n et qu'un n retourné devenait un *u*. Le cas se présente fréquemment encore aujourd'hui. De même que b, d deviennent q, p ; p, q deviennent d, b, selon le sens dans lequel ils sont tournés.

Dans un ouvrage d'Erasme, intitulé *Vidua christiana*, imprimé chez Froben, à Bâle (1529), et qu'il avait dédié à la reine de Hongrie (Marie, sœur de Charles-Quint), la phrase *Mente illa usam eam semper fuisse*, fut outrageusement dénaturée par le mot *Mentula* (organe de la génération). Lorsqu'il s'aperçut de cette fatale coquille, Erasme s'écria : « J'aurais donné 300 écus d'or pour racheter une telle infamie! » Et cependant Erasme avait lui-même exercé le métier de correcteur chez Alde l'ancien !

L'intervention d'une coquille dans un discours politique, faillit coûter la vie à l'abbé Sieyès. Recevant l'épreuve d'un discours justificatif de sa conduite politique, il le lut au moment où il montait à la tribune. Quelle ne fut pas sa terreur quand il rencontra ces mots, alors si compromettants : « J'ai abjuré la République, » au lieu de : « J'ai adjuré! »

Les coquilles, assez communes, peuvent occasionner une infinité de quiproquos ; ainsi les *Petites affiches* ont publié cette annonce perfide : « Belle *femme* à vendre ou à louer. » Il n'est point nécessaire d'ajouter qu'il s'agissait d'une *ferme*. Dans un volume de vers, on a laissé passer cette affreuse coquille :

J'aime à te voir, ô jeune fille,
Détachant ta noire mantille
De tes épaules de catin.

Catin pour satin ! Horrible, n'est-ce pas?

Et celle-ci, extraite du journal le Monde : « L'amour du *sucre* rétrécit l'âme et racornit le cœur. » Est-ce malice du compositeur ou erreur véritable causée par le voisinage des *m* et des *v* dans la casse? lors de la maladie du prince Jérôme, on lut avec stupéfaction ce bulletin du journal de la *Patrie* : « Le vieux persiste. »

Dans un Dictionnaire, on a pu lire : *Amphithéâtre. s. m.* Enceinte circulaire garnie de gredins. Cette dangereuse coquille nous rappelle un article financier qui, pour prôner certaines valeurs, commençait par ces mots : « Les voleurs de la Bourse... » Et celle-ci non moins amusante : « Par *dérision* de M. le ministre de l'intérieur, M. X. est nommé sous-préfet de...

Chers compositeurs, veillez !

COR. Le cor appelé souvent *cor d'harmonie* est le type des instruments à vent à embouchure à bocal. Il est formé d'un tuyau conique contourné en spirale et terminé par un large pavillon. Les notes que peut produire le cor, en plus du son fondamental, sont les harmoniques naturelles de ce son. Cet instrument offre néanmoins une grande richesse, par la facilité d'en modifier le son fondamental, en bouchant plus ou moins le pavillon

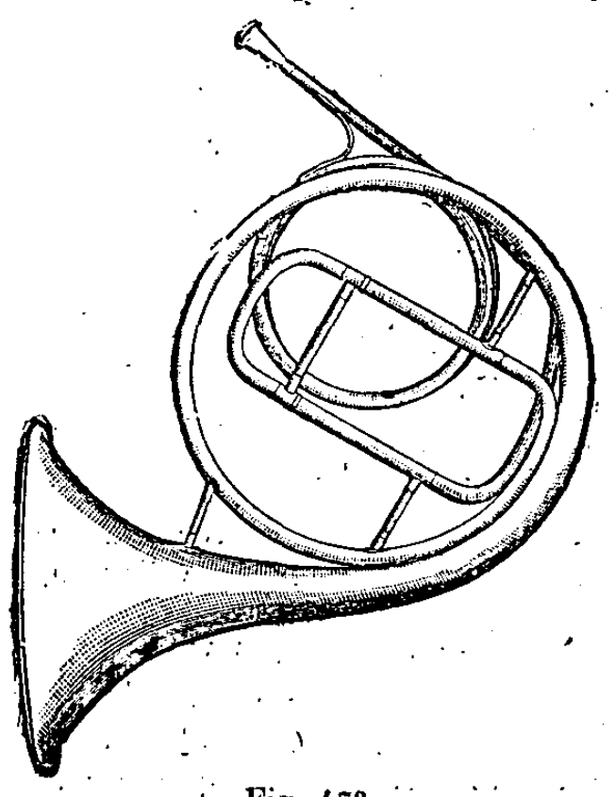


Fig. 473.

avec la main ; il permet ainsi de compléter la gamme ; mais est-il aussi un des plus difficiles à manier, car le jeu de la main dans le pavillon pour l'ouvrir ou le boucher au point convenable est très délicat.

Le cor joint, à une grande étendue, l'avantage de produire, au moyen d'une foule de nuances, les effets les plus opposés. Des pièces de rechange, en modifiant les dimensions du tuyau sonore, déplacent la tonique et transposent, soit en élevant,

ou abaissant la note fondamentale. Aussi est-il d'une grande utilité dans les orchestres, et y tient-il une place considérable (fig. 473).

On les divise en cors aigus ou graves, la différence ne provenant d'ailleurs que dans l'embouchure employée, qui est de petite dimension pour les sons aigus, et plus grande pour les graves. L'embouchure doit toujours être placée au milieu de la bouche de manière que la lèvre supérieure en occupe les deux tiers, et la lèvre inférieure l'autre tiers.

Le *cor de chasse* ou *trompe*, est un cor sans pièces de rechange, et dont on ne fait sonner que les harmoniques on notes ouvertes, c'est-à-dire sans modifier le débouché du pavillon.

Vers 1815, on a cherché à appliquer le système des pistons aux cors, comme à presque tous les instruments en cuivre. Ce procédé qui donne une grande égalité aux sons et une grande facilité au jeu, a reçu de l'un de nos plus célèbres cornistes, Joseph Meifred, d'importantes modifications que, de nos jours, M. Sax a mises à profit dans la fabrication des instruments qui portent son nom.

Le *cor à cylindres* se rapproche du précédent, mais son mécanisme, plus simple, lui donne un timbre meilleur et permet à l'exécutant plus d'agilité dans l'émission des sons.

On donne le nom de *cor anglais* à un instrument de la famille du hautbois; il est à anche comme celui-ci, recourbé en arc, au lieu d'avoir la forme droite, et terminé par une sorte de boule ouverte. Il est au hautbois ce que l'alto est au violon, et sa fonction est d'exprimer la tendresse et la mélancolie. Le *cor de basses* se rapproche du cor anglais et tient à l'égard de la clarinette la même place que le cor anglais vis-à-vis du hautbois. Il est fort peu employé en France.

COR. *Art hérald.* Meuble d'armoiries qui est représenté le bocal à dextre et le pavillon à senestre.

CORAIL. Production marine calcaire, rameuse, considérée comme l'axe d'un polype rayonné appartenant à la classe des coralliaires. Une branche de corail se compose de deux parties distinctes: l'une centrale, dure, cassante, de nature pierreuse, de couleur rouge et plus ou moins foncée; c'est celle qu'on utilise dans la bijouterie; l'autre extérieure, semblable à une écorce d'arbre, molle, charnue, facile à entamer avec l'ongle, c'est la couche essentiellement vivante de la colonie. Pendant longtemps le corail a été considéré comme une plante, mais après les admirables travaux de MM. Milne-Edwards, Lacaze-Duthiers et autres, il est aujourd'hui hors de doute que le corail est un animal, dont on peut étudier la structure, la croissance, la vie. La couche gélatineuse qui recouvre la partie dure centrale est couverte de tubercules au centre desquels une loge renferme l'animal que l'on connaît sous le nom de *lait de corail* (fig. 474). Le polype est blanc de lait, huit tentacules entourent sa bouche, il est vivipare, les petits sortent du corps par sa bouche; ils ressemblent à des vers et se déplacent à reculons. Ces bourgeons détachés vont, sur un nouvel appui, donner naissance à de nouvelles branches de corail. Ces branches sont fixées aux rochers par un large empattement; elles peuvent atteindre une hauteur de 0m,48 et se trouvent dans la mer depuis 5 jusqu'à 97 mètres de profondeur.

Pêche. La pêche du corail s'effectue principalement sur les côtes de l'Adriatique et sur les côtes de l'Afrique française et de la Tunisie. Des matelots spéciaux, gênois et napolitains, montés sur de fortes barques, explorent les parages où l'ex-

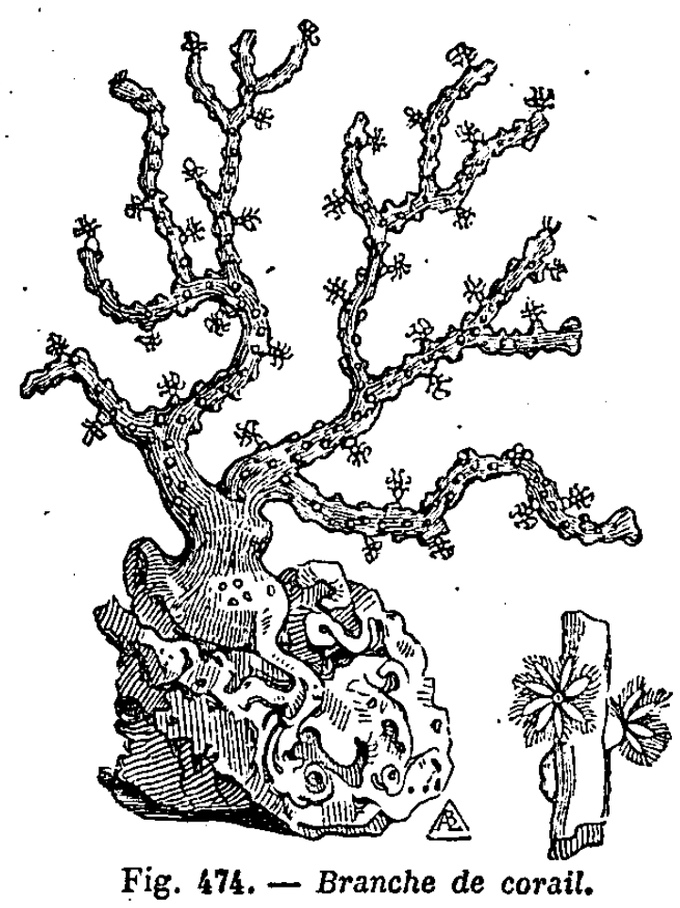


Fig. 474. — *Branche de corail.*

périence leur a appris l'existence d'un banc de corail. Arrivés à l'endroit favorable, ils lancent à la mer une longue corde à laquelle est suspendue une grosse croix en bois, lestée au milieu avec des pierres, et portant à l'extrémité de chaque branche des filets en forme d'éperviers. Ces filets s'engagent dans les bancs de coraux, et, entraînés par le mouvement du bateau, arrachent la précieuse récolte. Cette pêche est pénible; elle dure nuit et jour. Le filet ramène sur le pont des blocs quelquefois énormes de rochers; on recueille alors le corail et les branches sont dégagées des coquilles ou des parasites qui les accompagnent.

Dans les localités riches, un bateau monté par neuf à dix hommes peut prendre 80 à 100 kilogrammes de corail par jour; la durée de la campagne d'été s'étend du 1er avril au 1er septembre; il y a en moyenne 100 jours de pêche productive. La statistique, nous apprend que pendant une campagne, 204 bateaux corailleurs, dont 121 napolitains, 28 toscans, 3 sardes, 26 espagnols et 26 français, ont recueilli sur nos côtes algériennes 29,881 kilogrammes de corail représentant une valeur de 1,448,950 francs; La Calle et Bône en avaient fourni, dans ce nombre, 28,437 kilogrammes. Les engins de cette pêche sont peu compliqués et l'armement d'un bateau revient seulement à environ 6,000 francs.

Le corail dégrossi à la lime, est usé et taillé sur des disques horizontaux tournant avec rapidité, et recouverts d'une pâte d'un émeri dont on diminue graduellement la grosseur jusqu'à n'avoir plus qu'une poussière impalpable. Nous devons

dire, qu'à Paris, on taille très peu le corail; les manufactures qui existaient autrefois à Marseille ont disparu et c'est maintenant en Italie, à Naples, à Livourne, à Gênes que s'effectue la taille. Le corail débité sous diverses formes courantes, est expédié chez les bijoutiers où il est monté. A Paris, on monte beaucoup de corail, mais on ne taille que quelques camées de choix.

Le commerce distingue cinq variétés de corail: l'*écume de sang*, la *fleur de sang*, le *premier sang*, le *second sang*, le *troisième sang* ou le *rose* qui est très recherché. Selon les caprices de la mode, chacune de ces variétés est tour à tour en vogue chez les Européens. Dans les pays chauds, le plus beau rouge conserve la plus grande valeur. Ces différentes variétés de corail, polies, artistement montées et enchâssées dans de l'or, transformées en colliers, boucles d'oreille, broches, boutons, etc., constituent un des ornements les plus distingués de la parure de nos élégantes.

Corail artificiel. On fabrique un produit, appelé *corail artificiel* qui ne peut, sous aucun rapport, entrer avantageusemeni en lutte avec le corail naturel. C'est une pâte ayant pour base de la poudre de marbre cimentée avec de l'ichtyocolle ou quelquefois de l'huile très siccative. On presse cette pâte dans des moules, on la fait sécher, on la polit et on la teint avec du vermillon de Chine, mêlé à un peu de minium. On imite encore le corail avec le *celluloïd*. — V. ce mot.

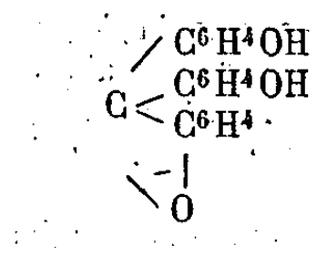
***CORAILLEUR, EUSE.** *T. de mét.* Celui, celle qni travaille le corail.

***CORALLINE.** *T. de chim.* Syn. : *aurine*. La coralline a été découverte par Persoz en 1859. C'est une matière colorante rouge-orange, qui est assez employée dans l'impression des étoffes de coton.

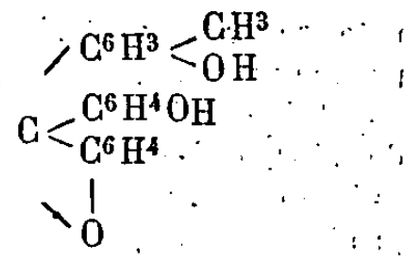
Les recherches toutes récentes de Græbe, Caro, Dale et Schorlemmer ont montré que la coralline est dans d'étroits rapports de parenté avec les matières colorantes du groupe de la rosaniline. Si on fait agir l'acide nitreux sur la rosaniline, de manière à la transformer en dérivé diazoïque (V. Colorantes, (Matières) et qu'on soumette la liqueur obtenue à l'ébullition avec l'eau, on obtient de la coralline.

Réciproquement, si on fait agir l'ammoniaque alcoolique à une température élevée sur la coralline, on parvient à la transformer en rosaniline. Ces deux réactions prouvent que la coralline est à la rosaniline, ce que le phénol est à l'aniline; les groupes *amidogène* de la rosaniline sont remplacés dans la coralline par le reste de l'eau (OH). La constitution de ce dernier produit se déduit, par conséquent, de celle de la rosaniline.

Ainsi, on sait maintenant qu'il existe plusieurs rosanilines homologues; à chacune de ces triamines correspond une coralline, un phénol triatomique (V. Fuchsine). On a généralement réservé le nom d'*aurine* pour la coralline dérivant de la pararosaniline, et d'*acide rosolique* pour le produit qui se rattache à la rosaniline à 20 atomes de carbone. Les formules de constitution de ces deux corps seraient alors :



Aurine



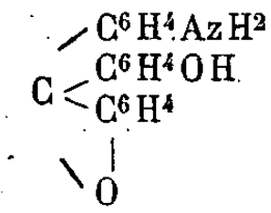
Acide rosolique

Quant au produit commercial, nous verrons plus loin quelle est sa composition. Il est démontré que l'aurine est contenue dans la coralline du commerce en quantité variable. Nous allons étudier brièvement les propriétés de cette substance.

L'aurine forme des cristaux rougeâtres à éclat métallique assez prononcé. Elle se dissout dans les alcalis avec une riche couleur pourprée, et dans l'alcool avec une couleur rouge-orangé; les acides la précipitent de ses dissolutions en flocons oranges. Traitée par l'acide acétique et le zinc en poudre, elle est réduite; il y a formation d'un produit incolore, la *leucaurine*: ce corps s'est formé par fixation d'hydrogène sur l'aurine. Sa formule est celle d'un *trioxytriphénylméthane*

$$CH(C^6H^4-OH)^3$$

L'aurine, traitée par l'ammoniaque aqueuse se transforme en *péonine* ou *coralline rouge;* ce corps est un dérivé amidé de l'aurine, sa formule est:



Si on pousse l'action de l'ammoniaque jusqu'à sa dernière limite, nous avons vu qu'il se forme de la rosaniline (emploi d'ammoniaque alcoolique); l'alcool intervenant comme réducteur, on peut même obtenir de la leucaniline (V. Fuchsine). Si on remplace l'ammoniaque par la *méthylamine*, on obtient de la *triméthylrosaniline* (*Violet Hofmann*). L'aurine, traitée par l'*aniline*, donne un *anilide*, l'*azuline* qui est une matière colorante bleue insoluble dans l'eau.

Mentionnons finalement une propriété intéressante de l'aurine: chauffée en vase clos à 250°, avec de l'eau elle se transforme en *phénol* et en *dioxybenzophénone* $CO(C^6H^4OH)^2$.

Græbe et Caro ont réalisé la synthèse de l'aurine par la combinaison directe de ses produits de décomposition, le phénol et la dioxybenzophénone.

Préparation industrielle de la coralline. On obtient la coralline en chauffant vers 120° un mélange de phénol, d'acide oxalique et d'acide sulfurique. Voici le procédé suivi en grand.

On chauffe à 120-130° un mélange de

Phénol	80 parties.
Acide sulfurique	45 —
Acide oxalique	45 —

Il se dégage une grande quantité de gaz et on voit la masse se colorer et s'épaissir peu à peu; on juge l'opération terminée lorsque le produit se dissout dans l'ammoniaque avec une riche coloration orange et qu'il s'est sensiblement épaissi. A ce moment, on verse la masse dans l'eau froide, qui dissout l'excès de réactifs employés et on ré-

pète ce traitement jusqu'à ce que la liqueur prenne une coloration rouge. On recueille alors le dépôt de coralline et on le sèche. La température de 110°, qui est la température minima qu'on puisse employer, est celle qui donne le plus beau produit, mais le plus faible rendement. On obtient un rendement supérieur en poussant jusqu'à 120° et même à 130°, ce qu'on peut faire lorsqu'on veut obtenir un produit destiné à certains usages.

La réaction qui donne naissance à la coralline, peut être exprimée par l'équation suivante :

$$C^2H^2O^4 + 3C^6H^5OH = C^{19}H^{14}O^3 + CH^2O^2 + 2H^2O$$

Acide oxalique — Phénol — Aurine — Acide formique — Eau

Les gaz qui se dégagent sont un mélange d'acide carbonique et d'oxyde de carbone ; ils proviennent de la décomposition de l'acide oxalique qui a échappé à la réaction et de l'acide formique formé en premier lieu.

Malheureusement, on est loin d'obtenir la quantité théorique de coralline ; la majeure partie du phénol se transforme en produits résineux. Ces derniers sont constitués surtout par un mélange de deux corps, l'un coloré, la *coralline-phtaléine* isomère de la *phénol-phtaléine* (V. Eosine), l'autre incolore, qui paraît être un produit de réduction du premier. Leur formation est due sans doute à l'action de l'acide formique formé dans la première phase de la réaction. La coralline-phtaléine est une matière colorante orange, qui donne sur laine mordancée des nuances analogues à celles de l'orléans.

La quantité d'aurine contenue dans le produit commercial ne dépasse pas 20 0/0. Mentionnons encore un mode de production de l'aurine qui est utilisé industriellement. On obtient l'aurine en oxydant par l'acide arsénique un mélange de 1 molécule de *phénol* et de 2 molécules de *crésylol* en présence d'acide sulfurique. Le rendement en matière colorante atteint 20 0/0.

Ce mode de production est donc absolument analogue à celui d'après lequel on obtient la rosaniline en partant d'un mélange d'aniline et de toluidine (aniline pour rouge). — V. Fuchsine.

Péonine ou *coralline rouge*. Ce produit se prépare en chauffant dans un autoclave en fonte émaillée.

Coralline jaune.	1 partie.
Ammoniaque liquide.	2 —

On élève la température à 140-150° ; on prolonge l'action jusqu'à ce qu'on ait obtenu la nuance désirée. On verse alors le contenu dans de l'eau additionnée d'acide sulfurique. On agite, puis on laisse reposer. La péonine se précipite. On recueille le précipité et on le sèche après l'avoir lavé à l'eau pure jusqu'à disparition de toute réaction acide. La péonine est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool avec une belle couleur rouge-orangé qui ne vire plus aux acides, comme l'aurine et l'acide rosalique.

Pour fixer la coralline jaune sur coton, on imprime sur tissu albuminé un mélange de

Coralline.	200 gr.
Alcool.	1 litre.
Eau de gomme à 500 gr. par litre.	2 1/2 lit.
Tannin	300 gr.

On obtient ainsi des nuances d'un jaune-orangé très riche, d'une teinte toute particulière.

Pour teindre avec la péonine, on dissout la matière dans l'alcool, et après y avoir ajouté de la soude on étend le bain d'une grande quantité d'eau. Par l'addition d'un peu d'acide tartrique, on met ensuite la matière colorante en liberté, sans toutefois la précipiter ; dans ce bain on peut teindre la soie et la laine en belles nuances d'un ponceau jaune. Pour l'impression, on se sert d'un procédé analogue à celui qui a été décrit pour la coralline jaune. Les couleurs obtenues au moyen de la péonine ne sont malheureusement pas solides ; quoique les solutions de cette matière colorante ne soient guère modifiées sous l'influence des acides, comme nous l'avons dit plus haut, les acides, même très faibles, font virer au jaune les étoffes teintes en rouge avec la péonine. Cette action se manifeste souvent au vaporisage, parce que la vapeur devient promptement acide au contact des autres couleurs. — G. B.

CORBEAU. *T. d'arch.* Support de pierre ou de bois formant saillie sur le parement d'un mur, et destiné à soutenir une corniche, l'extrémité d'une poutre, etc. || *T. de serrur.* Support en fer, à talon d'un bout, et à scellement de l'autre.

CORBEILLE. *T. d'arch.* Ornement en forme de corbeille. || Partie d'un chapiteau entre l'astragale et l'abaque, autour de laquelle se groupent les ornements.

CORBILLARD. Char destiné au transport des morts.

— Ce mot semble venir d'un coche d'eau qui faisait le service entre Paris et Corbeil, et qu'on appelait *corbeillard* ou *corbillard*. On a donné aussi ce nom à d'énormes carrosses qui, au siècle dernier, servaient à transporter beaucoup de personnes entassées comme des colis. Par extension, on l'appliqua aux grands chars funèbres, surmontés de panaches, exclusivement réservés aux princes, et aux personnages de distinction. La Révolution décida qu'à l'avenir tous les Français feraient leur dernier voyage dans un corbillard, ce qui était conforme au principe de l'égalité ; mais le fisc et les tarifs, en spéculant sur la vanité humaine, ont classé les citoyens selon leur état de fortune, ce qui constitue une grande inégalité entre le corbillard du riche et le convoi du pauvre.

CORDAGE. Nom générique de toutes les cordes employées au gréement et à la manœuvre des navires, au service des trains d'artillerie, à l'élévation et à la traction des fardeaux, etc. ; on les fabrique ordinairement en chanvre, mais on en fait aussi avec des fils métalliques, et en divers textiles. On distingue les cordages *blancs* ou ordinaires, et les cordages *noirs* qui sont goudronnés. — V. Câble et l'article suivant.

I. **CORDE.** Tout tortis fait d'une matière textile quelconque porte le nom de *corde*. Il est bien difficile de faire une classification des produits désignés sous ce nom : nous allons indiquer les principaux.

Nous avons déjà vu au mot Câble que le fil destiné à entrer dans la composition de toute corde de forte dimension était désigné, lorsqu'il n'avait reçu aucune préparation, du nom de *fil de caret* : la fabrication de ce fil exige toute une série d'ap-

pareils spéciaux que nous avons décrits. Destiné aux cordes de moyenne et de petite grosseur, le même fil prend le nom de *duite* : on le fabrique avec les appareils de filature ordinaires.

Aussitôt que cette duite reçoit une préparation industrielle, elle change de nom. Etrillée, polie et lustrée, elle prend le nom générique de *ficelle* (V. ce mot), et reçoit ensuite diverses dénominations suivant la qualité première du fil, sa grosseur et les façons ultérieures de pelotage et de paquetage qui lui sont données. Câblée et réunie à 3, 4 ou 6 autres duites pour devenir *toron* (V. CÂBLE), elle entre alors dans la composition des divers cordages, dits *simples*. Ces cordages portent une *âme* ou *mèche* en leur milieu lorsque le nombre des torons dépasse trois ; on ne tient pas compte de l'addition de cette mèche dans le nom de la corde, sinon lorsque le nombre des torons est de six : en ce cas, la mèche du milieu formant un septième fil, la corde prend le nom de *septain*.

Par opposition au cordage dit *simple*, un cordage devient *composé*, lorsqu'il est formé de cordes déjà fabriquées, par exemple de septains, qui sont câblées ensemble comme de simples torons. Tout cordage composé porte le nom de *grelin*.

Nous pourrions donc faire un classement des différentes espèces de cordes en : 1° ficelles ; 2° cordages simples ; 3° cordages composés. A ces divers genres, il faudrait cependant ajouter une espèce nouvelle, qui a figuré pour la première fois à la dernière exposition, formée de grelins, c'est-à-dire de cordages composés, câblés ensemble. L'excès de câblage est usité en corderie afin de donner, comme on dit, du *grain* à la corde, mais il nuit beaucoup à la force du produit.

Parmi les cordages simples ou composés, nous croyons devoir définir ceux qui sont les plus connus :

Les *chapelières*, par exemple, sont faites de fils correspondant à peu près au n° 1 métrique (V. CÂBLE), câblées immédiatement à 2 ou 3 fils par le fileur qui vient de les fabriquer, et polies à l'eau de façon à n'avoir ni duvet ni peluche. Ce sont, on le sait, des cordes d'un usage très répandu pour l'emballage. Les mêmes, un peu plus câblées pour l'emballage spécial de la vannerie, portent le nom de *fils à gorre*.

Les *ficelles pour fouets* de cocher se font ordinairement avec 6 fils de grosseur égale, formant trois torons, retors en deux, torons qui sont polis et lustrés, et câblés d'une façon exagérée de manière à empêcher la détorsion à la suite des chocs brusques et répétés, qui résultent du claquement. Les fouets en 3 fils ne se font presque plus : ils n'ont d'ailleurs de raison d'être que leur bas prix, car leur régularité et leur force laissent beaucoup à désirer : naturellement, les fils qui entrent dans leur composition sont de finesse moitié moindre que celle des fouets à six fils. La composition des fouets est souvent la même que celle des *ficelles pour filets* et *avançons*. Seulement, ces dernières sont plus souples, les torons n'en sont pas polis, le câblage n'en est pas très serré, et elles ne reçoivent aucun apprêt ultérieur. Il arrive quelquefois aussi qu'il y ait pour ces articles plus de deux fils par toron.

Lorsque le nombre de 6 fils est dépassé il devient 9, puis ensuite peut augmenter diversement. Les produits changent alors de nom. Dans ce genre rentrent les *lignes*, dont on distingue un grand nombre d'espèces : les *lignes à tambour* qui servent à tendre la peau sonore des tambours ; les *lignes de sonde*, qui servent à sonder la profondeur de la mer ; les *lignes de loch*, qui doivent être souples, afin de filer plus aisément, quand on jette le loch pour connaître la rapidité de marche d'un bâtiment ; les *lignes d'amarrage*, qui servent à un très grand nombre d'usages ; les *lignes de pêche*, qui varient de grosseur suivant qu'elles sont destinées pour le banc de Terre-Neuve, le Golfe, etc. Ces lignes peuvent être goudronnées ou non, tannées ou non, et leur diamètre est des plus variables ; les lignes de loch, par exemple, sont ordinairement en belle qualité de 3 à 5 millimètres et en grosse qualité de 6 à 10, les lignes de pêche ont de 3 à 8 millimètres (celles pour le maquereau ont de 6 à 11 fils et pèsent de 125 à 440 grammes), etc.

Il est un certain nombre de produits plus fins, quoique composés d'un nombre de fils ne dépassant pas 9, mais exclusivement faits avec des fils de *lin* retors en 2 ou 3 fils, puis câblés ensuite en 3 torons. Ainsi sont les dreux, les capitonnes, les vents et les ficelles à bourse. Les *dreux* sont des lignes fines faites avec les n^{os} 20, 25, 30, 40, 50 ou 60 anglais ; les *capitonnes* sont des ficelles qui sont employées pour capitonner les fauteuils et qui sont faites avec les n^{os} 25 ou 30 ; les *vents*, principalement en usage à Dieppe, sont des ficelles faites en n° 60 ; enfin les *ficelles à bourse* sont faites avec les n^{os} 60 ou 80. C'est là la limite la plus fine à laquelle on atteigne en corderie.

Mais c'est surtout dans la corderie destinée à la marine que la dénomination et la composition des produits sont variables. Deux fils de caret (V. CÂBLE) donnent le *bitord*, qui sert au gréement des navires ; les mêmes fils retors, fortement câblés et trempés dans le goudron donnent le *luzin* ; trois fils commis ensemble forment un *merlin*.

Puis il y a encore les *carenteniers* ou *quarenteniers*, de 6 ou 9 fils, commis avec des fils goudronnés, qui ressemblent beaucoup aux lignes d'amarrage et n'ont point d'usage déterminé ; les *ralingues* qui ont depuis un pouce jusqu'à 6 de grosseur, augmentant progressivement de 3 lignes en 3 lignes, destinées à border les voiles où elles tiennent lieu d'un second ourlet pour empêcher qu'elles ne se déchirent par les bords ; les cordages servant aux carènes des ports, qui reçoivent les noms particuliers de *francs funiers*, *prodes*, *éguillettes*, *pièces de palan*, etc. ; les cordages pour manœuvres de vaisseau, dits *pièces de haubans*, *tournevires*, *itaques*, *drisses*, *guinderesses*, *écoutes de hune*, etc., toutes cordes à trois torons d'aspects et de longueurs différentes, quelques-unes d'entre elles, telles que les écoutes de hune, par exemple, qui fatiguent beaucoup plus par un bout que par l'autre, sont faites en queue de rat, c'est-à-dire plus grosses d'un bout que de l'autre. Enfin, il y

a encore toute une série de cordes qui, suivant que leur câblage est plus ou moins prononcé, donnent des produits mous ou consistants qui portent des dénominations différentes. Nous citerons parmi les cordes molles et polies : les *cordelles*, les cordes à ballots ou seizennes, les *cordeaux* (V. ce mot), les chablots pour ligatures d'échafaudages, etc. ; et parmi les cordes dures dont le câblage est plus prononcé : les traits, les longes pour la sellerie, les prolonges de chemin de fer, les cordes pour gymnase, celles pour transmissions de force motrice, etc. Comme on le voit, suivant l'usage auquel une corde est destinée, sa composition et les détails de sa fabrication diffèrent considérablement. — A. R.

II. **CORDE**. *T. de géom.* On appelle *corde*, en géométrie, la ligne droite qui joint les deux extrémités d'un arc de courbe.

La corde est toujours plus petite que l'arc ; mais le rapport des longueurs de l'arc et de la corde tend vers l'unité quand l'arc tend vers 0, et même, la différence entre les longueurs de l'arc et de la corde est un infiniment petit du 3e ordre, par rapport à l'arc considéré comme infiniment petit du 1er ordre.

Mécanique. *Equilibre des cordes.* — Nous traiterons les questions qui se rattachent à l'équilibre des cordes, en faisant abstraction de leurs dimensions transversales, et de la résistance qu'elles peuvent éprouver à changer de figure, de sorte qu'une corde ou un fil sera pour nous une ligne matérielle parfaitement flexible et inextensible.

Il n'y a pas, à la vérité, de fil ni de corde *absolument* inextensible. Lorsqu'un fil matériel est tendu par des actions quelconques, ses molécules s'écartent légèrement l'une de l'autre, jusqu'à ce que les attractions moléculaires, augmentées par cet écartement, soient devenues assez considérables pour faire équilibre aux forces appliquées sur le fil. Cette réaction, qui se développe par élasticité dans la substance même du fil, a reçu le nom de *tension* ; chaque élément du fil est soumis à deux tensions opposées et doit se trouver en équilibre sous l'effort de ces deux tensions et des forces extérieures qui lui sont appliquées. Si ces efforts devenaient trop considérables, ils pourraient dépasser la limite d'élasticité du fil et en provoquer la rupture. En général, l'allongement du fil, qui est la véritable cause des réactions moléculaires, sera très minime et devra être négligé dans les études théoriques, à cause de l'ignorance où nous sommes de la manière dont se développent les forces moléculaires.

La notion de tension, au contraire, doit être conservée, puisque c'est la tension qui constitue la réaction mécanique du fil capable d'équilibrer les forces extérieures.

Polygone funiculaire. Lorsque plusieurs points d'un fil en équilibre considéré comme non pesant sont soumis à l'action de certaines forces P_1 P_2 P_3, etc., la portion du fil A_1 A_2 comprise entre les points d'application des forces P_1 P_2 est nécessairement rectiligne, et la tension est constante tout le long de cet élément (fig. 475).

Il en résulte que la forme d'équilibre du fil est un polygone qui a reçu le nom de *polygone funiculaire* (du latin *funis*, corde). De plus, pour qu'un sommet A_1 de ce polygone se trouve en équilibre, il faut que les deux tensions T_1 et T_2 et la force P_1 se fassent équilibre autour du point A_1. On voit

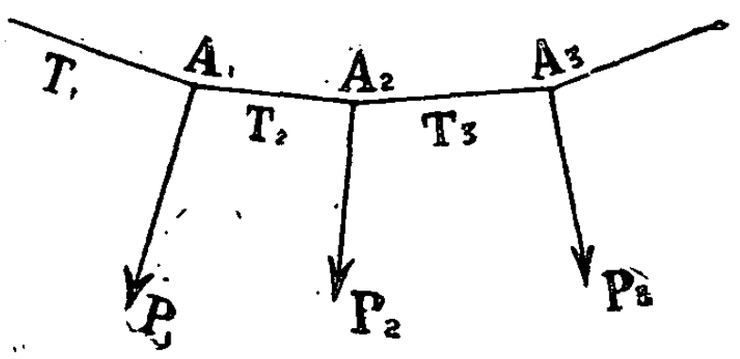


Fig. 475.

alors que les tensions des divers côtés du polygone peuvent être déterminées en grandeur et direction dès qu'on connaît l'une d'entre elles et les forces extérieures. A partir d'un point O (fig. 476), menons une ligne OT_1 égale et parallèle à la tension T_1, et par le point T_1 une ligne T_1 T_2 égale et parallèle à la force P_1. La longueur OT_2 mesurera la résultante de ces deux forces et, par conséquent, la tension T_2 ; menons de même T_2 T_3 égale et parallèle à P_2 : OT_3 sera la tension T_3 et ainsi de suite. Les lignes OT_1 OT_2 OT_3, etc., seront parallèles aux côtés du polygone funiculaire, qui sera ainsi complètement déterminé, si l'on suppose connue la longueur des côtés. Mais il faut connaître la direction et la tension d'un des côtés. La détermination s'achève alors par cette considération que toutes les forces extérieures doivent se faire équilibre avec les deux forces qui soutiennent le fil aux deux extrémités, lesquelles sont égales aux tensions extrêmes.

Le cas le plus utile à considérer est celui où le fil supporte des poids en différents points. Alors toutes les forces P_1 P_2, etc., sont verticales, et les lignes T_1 T_2, T_2 T_3, etc., doivent se confondre sur une même verticale, d'où il suit que le polygone funiculaire est nécessairement contenu dans un plan vertical.

Ces considérations s'appliquent aux câbles des ponts suspendus. On doit s'arranger, dans la construction, pour que les *suspensoires* supportent des poids égaux, ce qui exige qu'ils soient également espacés, afin que chacun d'eux supporte une même longueur du tablier. La construction précédente permet alors de déterminer la figure du câble, si l'on a soin de remarquer que les projections horizontales des divers éléments doivent être égales, puisque les *suspensoires* sont également espacés. On démontre ainsi sans peine que le câble prend la forme d'un polygone inscrit dans une parabole dont l'axe est vertical.

Courbes funiculaires. Lorsque tous les éléments d'un fil sont soumis à l'action d'une force variant d'une manière continue d'un point à un autre, le polygone funiculaire se transforme en une courbe

continue qui est appelée *courbe funiculaire* (fig. 476). Les considérations précédentes s'appliquent encore aux courbes funiculaires; seulement les triangles OT_1T_2, OT_2T_3, etc., deviennent infiniment petits, et il faut étudier leurs propriétés limites. Du reste, la forme d'équilibre d'une courbe funicu-

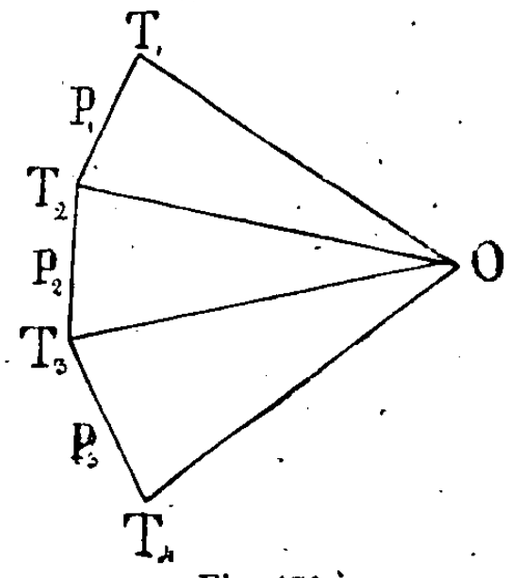


Fig. 476.

culaire peut aussi se déterminer par l'analyse; soit ds un élément du fil, Pds la force appliquée sur cet élément, T la tension en ce point, laquelle varie d'une manière continue et sera

$$T+dT=T+\frac{dT}{ds}ds$$

au point infiniment voisin; puis Pt et Pn les composantes de P suivant la tangente et la normale, et $d\alpha$ l'angle de contingence de la courbe, on aura en écrivant que la somme des projections des trois forces — T, T+dT et Pds sur la tangente, est nulle :

$$\frac{dT}{ds}+Pt=0$$

et en projetant sur la normale :

$$T\,d\alpha+Pn\,ds=0,$$

ou, en introduisant le rayon de courbure ρ :

$$T+Pn\rho=0$$

Ces deux équations différentielles suffisent à déterminer la courbe, si l'on y joint cette remarque que la force P doit toujours se trouver dans le plan osculateur de la courbe. On peut aussi trouver facilement trois équations différentielles rapportées à trois axes rectangulaires, en écrivant que la somme des projections sur chaque axe de Pds, — T et T+dT est nulle. Si l'on élimine T entre ces trois équations, on aura les équations différentielles de la courbe funiculaire.

L'application la plus importante de la theorie précédente se rapporte à la *chaînette* (V. ce mot), forme d'équilibre d'un fil pesant. La force qui agit en chaque point est verticale et proportionnelle à l'élément de longueur, de sorte que la courbe est tout entière contenue dans un même plan vertical, et que les équations précédentes deviennent en appelant α l'angle de la tangente avec l'horizon et p le poids de l'unité de longueur :

$$dT=p\sin\alpha\,ds$$

$$T=p\cos\alpha\frac{ds}{d\alpha},$$

d'où l'on déduit, par des transformations et des intégrations faciles, les équations et les propriétés mentionnées à l'article CHAÎNETTE. On verrait de même qu'un fil dont tous les éléments seraient sollicités par des forces parallèles entre elles et proportionnelles à la projection de l'élément sur un plan perpendiculaire à la direction des forces, affecterait la forme d'une parabole. Tel est le cas d'un câble de pont suspendu, si l'on suppose les *suspensoires* assez rapprochés pour qu'on puisse considérer leur nombre comme infini, c'est-à-dire si l'on suppose que le poids du tablier se répartisse d'une manière continue sur les câbles.

Raideur des cordes. On désigne sous ce nom la résistance qu'éprouvent les cordes, câbles ou courroies, à changer de figure sous l'action des forces qui leur sont appliquées. La raideur des cordes est une cause assez grave de perte de travail utile dans les machines où le mouvement se transmet par des cordes ou des courroies. — M. F.

III. **CORDE DE BOYAUX.** On désigne ainsi des cordes faites avec les intestins de mouton principalement, préparés ainsi qu'il a été décrit à l'article BOYAUDERIE (V. ce mot) et destinées à des usages divers pour lesquels elles portent des noms différents.

Cordes d'instruments. La fabrication des *cordes d'instruments*, ou *cordes harmoniques*, est restée pendant de longues années le privilège de la ville de Naples, mais aujourd'hui la France lutte avantageusement, et ses produits peuvent rivaliser avec les produits napolitains. Toutefois, les chanterelles napolitaines ont toujours conservé une valeur spéciale. Cette supériorité n'est pas due, comme on l'a cru longtempts, à des secrets de fabrication, à une nature spéciale des eaux de lavage, elle ne tient qu'à ce fait que, vu le goût presque exclusif des napolitains pour la chair d'agneau, les fabricants de cordes peuvent s'approvisionner de boyaux ayant un faible diamètre, et particulièrement propres à faire des chanterelles. Il est assez curieux de constater que les chanterelles de Naples ont beaucoup dégénéré. Cela tient à ce que, à l'époque où ce pays fournissait presque à lui seul toutes les cordes d'instruments employés, on ne fabriquait des chanterelles qu'à un certain moment de l'année, après Pâques où l'on tuait les agneaux. Depuis que la France fabrique des cordes secondes, troisièmes, etc., qui à leur tour ont remplacé comme qualité les napolitaines et qui sont livrées à meilleur marché, on ne fabrique guère plus à Naples que des chanterelles, et l'on observe que la plus grande partie est de qualité inférieure à celle fournie lorsque la production était plus restreinte.

Les boyaux ayant été préparés ainsi qu'on l'a vu décrit à l'article BOYAUDERIE, lavés, triés et refendus, nous allons voir comment on en fabrique les cordes. On exécute une série d'opérations désignées sous le nom de *filage, soufrage, étrichage, polissage* et *apprétage*.

Filage. Il s'exécute à l'aide de métiers portant environ trois longueurs de violons, où l'on fait trois cordes à la fois, à l'aide d'un rouet à deux

crochets. Ces métiers sont de simples cadres ou châssis, dont un des côtés porte plusieurs chevilles de bois à demeure, tandis que l'autre côté est percé de trous pour recevoir des chevilles mobiles. Ayant choisi deux, trois ou plusieurs boyaux humides, assemblés bout à bout d'une façon inverse, quant aux grosseurs, on attache une extrémité du paquet sur une cheville fixée à un des crochets du rouet, puis on les passe autour d'une cheville fixe du métier, après quoi on les coupe à la longueur convenable, et l'on fixe l'extrémité libre à une petite cheville, pareille à la précédente qu'on met sur le deuxième crochet. Il ne reste plus qu'à mettre le rouet en mouvement et pendant ce temps on promène les doigts humides sur la corde pour éviter les inégalités. Le filage terminé, on enlève les chevilles avec le faisceau tendu, on les plante sur le métier et on recommence jusqu'à ce que le métier soit garni entièrement.

Soufrage. Lorsque le cadre est rempli, on le porte au soufroir pour blanchir les cordes. La durée du séjour est de deux à huit jours, partagée ainsi qu'on va voir, suivant qu'on traite des chanterelles ou des grosses cordes. Au sortir du soufroir, où ils passent une première nuit, les métiers sont exposés à l'air humide, mais non à la pluie, sur des caisses inclinées dites *rafraichi.* On les mouille ensuite à l'éponge pour leur faire subir un second filage et les reporter au soufroir, et cela un nombre plus ou moins considérable de fois suivant leur grosseur.

Etrichage. Ce travail qui suit le soufrage est destiné à nettoyer et dégraisser complètement les cordes par le polissage. Ce travail se fait pratiquement à la main, en polissant avec une corde de crin entourant un faisceau de douze à quinze cordes, et mouillant avec une eau de potasse. M. N. Savaresse a tenté de substituer une opération mécanique à ce travail manuel très pénible. L'appareil consiste en un chariot sur lequel on pose le métier, et en deux mâchoires munies intérieurement de coussinets en crins, embrassant les cordes et réunies par des écrous, qui polissent les cordes, grâce à un mouvement de va-et-vient que leur communique un moteur. Toutefois, les résultats obtenus sont inférieurs à ceux que donne le travail à la main. Dans ce dernier, en effet, la friction opérée a lieu suivant un mouvement hélicoïdal qui assure la forme cylindrique de la corde, alors que la machine tend à l'aplatir. Les successeurs de M. Savaresse ont eux-mêmes abandonné les procédés mécaniques.

Polissage. Plus tard, on polit à sec, à la main ou à la machine, au moyen de verre pilé, sur des coussinets de caoutchouc. Il n'y a plus qu'à enduire les cordes d'huile d'olive, à les sécher complètement, à les couper de longueur, ce qui constitue l'apprêtage, et à les enrouler en cercles sur des bobines d'un métier spécial, pour en faire les paquets tels qu'on les trouve dans le commerce.

La qualité d'une corde dépend invariablement des rapports qui existent entre la masse et la tension, et le son qu'elle donnera dépend de la masse pour une tension donnée. Suivant M. Savaresse, la chanterelle mise au ton de l'opéra, doit avoir une tension de 7k,50 et elle ne doit rompre que sous une charge de 12 à 13 kilogrammes. Plus résistante, elle devient criarde ; plus faible, elle rompt rapidement même sans qu'on la joue. Cette tension diminue relativement avec la grosseur des cordes, car une bonne seconde dont le volume est double ne doit supporter que 8 kilogrammes, et rompre à 15 ; pour la troisième, la charge de rupture est de 40 à 45 kilogrammes, et de 14 kilogrammes pour la quatrième. Une des conditions essentielles que doivent remplir les cordes c'est d'être parfaitement cylindriques, afin de présenter toujours les mêmes variations relatives, entre la longueur et le son produit, et de pouvoir être accordées avec d'autres cordes. Les chanterelles doivent être transparentes, parfaitement unies et régulières de grosseur, blanches et être élastiques sous la main, quand elles sont en paquet à la façon d'un ressort d'acier. Les grosses cordes *doivent être plus blanches*, et molles quand on les compresse en paquet.

Nous indiquerons le nombre de boyaux qu'on emploie pour la fabrication des diverses cordes, il varie un peu avec chaque fabricant, voici ceux adoptés par M. Savaresse. Les chanterelles ont 4, 5 et 6 fils selon la grosseur du boyau. Chaque fil est formé d'une moitié de boyau divisé dans sa longueur.

Les *mi* de violon ont de 3 à 4 fils pleins, mais très fins ; les *la* de 3 à 4 fils pleins plus forts ; les *ré* 5 fils pleins. Pour la guitare on choisit des fils plus fins que pour le violon. Pour le violoncelle, on emploie jusqu'à 10 fils pleins. Les cordes de harpe ont jusqu'à 20 fils pleins. Celles de basse ont 6 fils pour la chanterelle et 10 pour le *ré*. Enfin, les cordes de contre-basse ont 30 fils pour la chanterelle et 50 pour le *ré*.

Il est intéressant de mentionner, que le débouché qui fournit le plus de travail à cette industrie, notamment à Paris, c'est la fabrication des cordes de guitares, destinées à l'exportation pour l'Amérique du Sud. Les consommateurs de ces pays exigent des qualités de blancheur exceptionnelles pour les cordes et que l'opération ordinaire du soufrage ne permet pas d'obtenir. On est arrivé, par des procédés chimiques particuliers, à remplir ces conditions, et l'industrie parisienne s'est acquise dans cette branche du commerce une réputation méritée. Ce nouveau blanchiment de la corde, n'est en réalité obtenu qu'au détriment de sa résistance, mais si l'on réfléchit combien les nègres qui râclent de la guitare ménagent peu leurs instruments, on comprend que cette considération de résistance n'a plus, dans le cas actuel, la même importance.

Certaines cordes de harpe sont teintes, les unes en rouge, les autres en bleu. Ces colorations artificielles sont données avant le filage, la première par une décoction alcaline de marc de cochenille, la seconde par une décoction analogue de tournesol de Hollande. Il ne faut pas faire passer les cordes bleues au soufroir, alors que cette opération ne fait qu'aviver la teinture rouge.

Outre les cordes de boyau, les luthiers emploient aussi des *cordes de soie*. Celles-ci ont été longtemps fournies par la Chine, on leur reprochait de perdre le ton avec le montage sur l'instrument. Cette fabrication établie aujourd'hui à Paris donne des produits d'excellente qualité. On les soumet à une tension très énergique qui leur permet de monter immédiatement au ton, et d'y rester très longtemps. Elles se composent ordinairement de 140 brins, chacun formé de 12 fils de vers à soie. L'écheveau, ramolli à la vapeur, est tordu sur un rouet spécial, puis la corde est recouverte d'une légère couche de gomme arabique, et polie à la cire blanche.

Enfin, on emploie encore des cordes recouvertes de cannetille qu'on appelle *cordes filées* pour les distinguer des cordes ordinaires. L'intérieur est en soie ou en boyau, qui n'a pas passé au soufrage et n'a pas été huilé, avec un revêtement de fil de cuivre argenté ou même de fil d'argent. Ce travail s'exécute à la main, ou à la machine, la corde est fixée par un bout au crochet du rouet, tandis que l'extrémité opposée est attachée à un émerillon tournant : elle est tendue par un poids suspendu à une ficelle qui, passant sur une poulie, est accrochée à l'émerillon. L'extrémité du fil métallique est engagée autour de la corde, près de l'émerillon, et en guidant le fil on l'enroule sur la corde en faisant tourner le rouet.

Cordes des rémouleurs, dites aussi des *Lorrains,* employées sur tous les tours pour établir les transmissions. Elles se préparent le plus souvent avec les intestins de cheval. Quand ces boyaux ont été râclés et lavés, on introduit dans une extrémité une boule en bois portant quatre lames tranchantes disposées en croix, qu'on fixe sur un piquet vertical. En tirant le boyau en bas on le divise en quatre lanières, avec lesquelles on fabrique les cordes, en en pressant quatre ou huit suivant la grosseur que l'on veut obtenir. On attache, à l'aide d'une grosse ficelle préparée à cet effet et dite *lacet,* l'une des extrémités du faisceau de la lanière après une cheville fixée sur un poteau vertical ; puis faisant passer le faisceau sur une cheville semblable d'un autre poteau, distant de 10 mètres du premier, on attache l'autre extrémité du faisceau par un nouveau lacet à la première cheville. Si le faisceau est trop long on le coupe après le second nœud, les parties trop courtes sont tranchées en biais et recousues avec de la filandre, afin de garnir ainsi toutes les chevilles des poteaux. Ce travail se nomme *ourdissage*. Les cordes ourdies sont tordues, en fixant les lacets après l'émerillon du rouet. Cette torsion est répétée deux fois, et les cordes sont de nouveau tendues sur les chevilles pour éviter tout raccourcissement pendant le séchage. Environ quinze heures après on procède avec une corde de crin mouillée, à l'étrichage, que l'on complète, s'il reste quelqu'inégalité, en frottant avec la peau de chien. Généralement on ne pratique pas le soufrage. Il reste à couper les cordes près des ligatures des lacets, et à les enrouler, pour les livrer ensuite au commerce.

Cordes à raquettes. Ce sont les plus communes des cordes de boyaux, on y utilise ordinairement les intestins de mouton, de mauvaise qualité ou qui ont déjà fermenté. Leur fabrication est semblable à celle des précédentes. Généralement ces cordes sont colorées dans du sang de bœuf, soit avant l'ourdissage, soit après la torsion.

Cordes à fouets. Elles se font avec les intestins de mouton de deuxième qualité, et n'ont généralement qu'un brin. On procède au soufrage avant l'étrichage.

Cordes pour chapeliers, dites aussi *arçons*, bien que fabriquées comme les cordes des rémouleurs, elles réclament plus de soins. On y emploie les intestins les plus gros et les plus longs. On les ourdit par 4, 6 et 12 à la fois, en ayant soin de tenir le rafraîchi sous les cordes pour éviter qu'elles ne se salissent en touchant terre. Les arçons ne doivent offrir ni nœuds, ni coutures, aussi remplace-t-on les liaisons à la filandre par des lacets fixés à la cheville de départ. Les torsions et l'étrichage sont multipliés plusieurs fois, on pratique également deux soufrages.

Cordes pour horlogers. Elles réclament les mêmes soins que les précédentes, et n'en diffèrent que par leur plus grande finesse, aussi prend-on pour les établir des boyaux fendus en deux.

IV. **CORDE MÉTALLIQUE.** Corde ou câble en fils de fer ou de laiton tordus ou tressés ; ces cordes s'obtiennent en réunissant trois torons tressés ensemble. Chaque toron s'obtient par la torsion de 3 fils de fer galvanisés, de première qualité. La grosseur des cordes varie avec celle des fils qui ont servi à la confection des torons. Elles se distinguent par leur numéro qui est le même que celui du fil de fer employé. Le nombre de trois torons et de trois fils par toron n'est pas absolu et ce nombre peut varier suivant l'usage qu'on doit faire de la corde. Les cordes en fil de fer ne subissent que d'une manière insensible les changements de température, car les dilatations ou contractions agissent plutôt pour détordre la corde que pour l'allonger ou la raccourcir. Leur souplesse permet de les tendre très rigides. Si l'un des fils vient à se rompre, les fils restant peuvent encore supporter l'effort jusqu'à ce que l'on s'aperçoive de l'accident quand on visite le câble. Les cordes se réunissent bout à bout à l'aide d'une épissure comme pour la corde en chanvre ; si l'on ne sait pas faire une épissure on peut se contenter de réunir les bouts par boucles comme on le fait constamment pour le fil de fer.

Corde. 1° *T. de verr.* Nom des aspérités qui se produisent à la surface du verre soufflé, lorsque la température de la masse vitreuse s'est abaissée. || 2° *T. de tiss.* Demi-arcade, représentation d'un fil de chaîne sur le papier de la mise en carte.

CORDEAU. *T. techn.* On désigne sous ce nom un instrument composé d'une cordelette suffisamment résistante, que l'on tend par ses extrémités, entre deux points, sur une surface plane d'une

étendue quelconque et qui sert à y tracer une ligne droite. Il y a deux façons d'utiliser le cordeau dans ce but. Si c'est sur le terrain que l'on veut tracer la ligne, on se contente de suivre avec un piquet la direction de la corde, et l'on obtient ainsi un sillon rectiligne. Si c'est sur une planche ou une poutre, on enduit la cordelette de sanguine ou de craie, puis on la pince par le milieu lorsqu'elle est bien tendue et on l'abandonne à son élasticité : il en résulte alors sur le bois une trace rectiligne colorée, qui vient de ce que la corde, en reprenant sa position primitive, l'a dépassée un peu, et a laissé tomber sur la surface plane la poussière colorante dont elle était enduite ; c'est ce qu'on appelle « battre » la ligne droite. Quelquefois le cordeau est employé sur des surfaces courbes, surtout dans la construction navale, mais alors c'est pour obtenir une ligne de la plus courte distance entre deux points.

CORDELIÈRE. 1° *T. techn.* Corde en laine ou en soie pour serrer une robe de chambre autour du corps. || 2° *T. d'arch.* Baguette sculptée en forme de corde. || 3° Petit listel. || 4° *T. de typogr.* Sorte de vignette qui sert d'encadrement.

***CORDELINE.** 1° *T. de verr.* Baguette de fer, de même longueur que la canne, avec laquelle l'ouvrier prend le verre pâteux qui sert à former le cordon du goulot des bouteilles. || 2° *T. de tiss.* Ficelle que l'on dispose près des bords de la chaîne pour former des franges, ou pour éviter la rentrée de la trame sur les coups de lancé.

CORDERIE. Atelier où l'on fabrique des cordes ; fabrication proprement dite des *cordes*. La matière première de la corderie est le chanvre, le fer ou l'acier, et le boyau, comme on l'a vu au mot CORDE, § I et III. Mais nous devons signaler qu'on se sert encore pour faire des cordes du *sparte* (V. ce mot), sorte de jonc qui sert à désigner soit le *lygæum spartum* ou *sparte* proprement dit, soit le *stipa tenacissima* ou *alfa*. Les cordes de ce genre sont utilisées pour cordes à puits, principalement en Espagne et en Algérie. On se sert aussi du *crin* (V. ce mot) soit animal, soit végétal, qui a l'avantage de ne pas pourrir à l'humidité.

— La fabrication mécanique des cordes a surtout son siège à Angers, Abbeville, Le Mans, Tonneins et Lille. Quelques ports, tels que le Havre, Nantes, Saint-Malo et Saint-Lô, fabriquent surtout les cordes pour la marine.

La France ne se fournit guère de cordes à l'étranger, elle n'en exporte qu'une certaine quantité. Dans ces dernières années, nous relevons les chiffres suivants au commerce spécial :

Destination	1880	1879	1878
	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Algérie.	741.504	572.770	421.114
St-Pierre et Pêche	189.485	325.279	332.098
Autres pays. . . .	1.510.250	1.300.953	1.507.093
Total.	2.441.239	2.199.002	2.260.305
Valeur en francs..	3.417.435	3.078.603	3.390.457

CORDIER. *T. de mét.* Celui qui fait des cordes.

CORDON. *T. techn.* 1° Dans la corderie, petite corde qui doit entrer dans la composition d'une autre corde. || 2° Petite corde, ou tresse de soie, de fil, de coton, de cuir, servant à attacher, à lier ou à tirer. || 3° Large ruban que portent en écharpe les dignitaires de certains ordres, ou de certaines Sociétés. || 4° *T. d'arch.* Saillie rectangulaire ou arrondie qui se développe le long d'une corniche ou d'un mur de revêtement. || 5° Corniche peu saillante qui marque la division horizontale de deux étages superposés. || 6° *T. de filat.* On nomme *cordon*, dans la filature de laine, le résultat du travail produit par la briseuse et la repasseuse des cardes à ruban ; le cordon s'appelle indifféremment *cordon* ou *ruban* ; on donne le même nom, dans la filature de lin, aux divers bouts de lin peigné que les ouvrières étalent successivement sur la table à étaler et dont l'assemblage doit former à la sortie un *ruban*. || 7° *Art hérald.* Marque qui accompagne l'écusson d'un dignitaire ecclésiastique. Le cordon descend de chaque côté du chapeau et se termine par un nombre de houppes proportionné à la dignité. Le cordon d'un cardinal est de gueules et porte douze houppes de même couleur ; celui d'un archevêque est plus simple et n'a que neuf houppes, etc. || 8° Petit bord façonné autour d'une pièce de monnaie. || 9° *T. d'exploit. de min.* Nom que l'on donne aux veines de carbonate calcaire qui divisent parfois en blocs l'ardoise, le marbre, etc.

CORDONNERIE. Industrie qui a pour objet la fabrication des chaussures. Cette fabrication peut s'effectuer, soit à la main, soit par des procédés mécaniques ; ceux-ci ont donné naissance à une nouvelle branche industrielle dont l'importance considérable nous impose une étude qui n'a été faite dans aucun ouvrage.

HISTORIQUE. Pour retrouver l'origine de l'histoire de la cordonnerie, il faudrait remonter à celle de la *chaussure* que nous avons faite à ce mot. Cette étude peut d'ailleurs être prise à un double point de vue, le côté professionnel et le côté technique des moyens d'exécution. Au point de vue professionnel, il y a peu de chose à dire de particulier sur la cordonnerie ; cette industrie a nécessairement été pratiquée dès la plus haute antiquité chez les peuples civilisés, par des ouvriers formant un corps d'état spécial, et dans les documents des histoires les plus anciennes, des Egyptiens, des Grecs et des Romains, on trouve la trace de ces corporations, comme de celles des tailleurs, et de tous les métiers ayant trait au vêtement.

Si maintenant l'on étudie l'industrie de la cordonnerie, au point de vue des moyens d'exécution, on est frappé de ce fait assez singulier, que ces moyens sont restés à peu près identiquement les mêmes, pendant de longs siècles. Entre les méthodes employées par les ouvriers des premiers peuples, et par les cordonniers du commencement de ce siècle, on ne peut signaler aucune différence marquée. L'outillage présente cette même permanence, non seulement dans l'ensemble de sa constitution, mais jusque dans le détail de construction des objets employés. Une alène, un couteau un peu variable qui est devenu le tranchet, un beau pied ou forme, un marteau, tels sont les ustensiles que l'on trouve en Egypte, en Grèce, à Rome et de nos jours. Les procédés d'exécution sont semblables, la couture au fil enduit de poix, l'emploi du noir pour parer la chaussure ; chez les Romains, c'est la noix de galle, la base des teintures noires, chez nous c'est un cirage à la cire, là est peut-être la plus grande différence. Cette industrie qui tient une si grande place dans l'histoire de

la vie humaine, est donc née en quelque sorte de toutes pièces, et s'est perpétuée avec une constance à peu près invariable, au milieu de tous les changements apportés par la civilisation.

Toutefois, cette industrie ne pouvait échapper au mouvement général qui, au commencement du siècle, transformait le travail ; d'une part, l'augmentation croissante de la consommation, le besoin de produire à meilleur marché ; d'autre part, la pénurie d'ouvriers, la difficulté de former des mains habiles, ainsi que les progrès généraux de la mécanique devaient former autant de causes pour surexciter les inventeurs et amener la substitution de méthodes mécaniques et économiques au travail manuel. Sans mentionner spécialement l'application d'outils empruntés à la grande classe des découpoirs qui trouvèrent leur emploi dans presque toutes les industries, les

Fig. 477. — *Atelier de cordonnerie, d'après une ancienne estampe (XVIe siècle).*

premiers perfectionnements réels dans la fabrication des chaussures, furent imaginés vers 1838, et eurent pour objet de substituer à la couture des semelles des procédés plus rapides et moins coûteux de clouage et de vissage. Depuis le premier brevet sur ce sujet, pris en 1838, par Toffin, jusqu'à nos jours, un nombre assez considérable d'inventeurs marchèrent dans cette voie ; il faut toutefois signaler Dumery, en 1844, qui eut le mérite de déterminer les conditions rationnelles que doit remplir ce mode de travail. Les machines à visser de Lemercier et de Cabourg permirent alors à l'industrie des chaussures vissées de se développer sur une large échelle, et amenèrent la création d'une nouvelle branche de l'industrie française. Il ne faut pas oublier de dire que l'invention de la machine à coudre avait contribué pour une grande part dans la révolution que subit l'industrie de la cordonnerie. A partir de cette époque, les efforts de toute nature se multiplient pour résoudre mécaniquement toutes les diverses opérations de la fabrication des chaussures, le montage des semelles et des tiges, la couture mécanique de cet assemblage réalisant exactement l'ancien travail du cordonnier sur la forme avec son alène et son fil poissé, et pour laquelle les machines américaines occupèrent la première place: Ces dernières machines, d'origine relativement récente, ont résolu complètement le problème, et ainsi qu'on pourra le voir, dans la description consacrée à la fabrication mécanique, rien n'est plus facile aujourd'hui, de faire une chaussure de toutes pièces depuis le moment où le cuir entre dans l'usine, jusqu'à celui où la chaussure est mise en rayon, sans que le travail à exécuter comporte d'autres opérations que le guidage des machines, l'ouvrier n'employant aucun outil à la main. Aussi le commerce de la chaussure a-t-il pris une extension considérable, alors qu'en 1847, la France ne produisait que 45 millions de paires de chaussures, dont 23 millions consommées à l'intérieur, et le reste livré à l'exportation ; en 1860, ce chiffre était monté à 83 millions, la consommation intérieure à 43. Enfin, aujourd'hui, ce chiffre dépasse 100 millions.

Fabrication de la chaussure. L'établissement de la chaussure comporte trois modes d'opérer : la *fabrication à la main*, qui n'est autre que le procédé pratiqué depuis la plus haute antiquité, où l'ouvrier n'a à sa disposition que le petit nombre d'outils déjà cités et bien connus, l'alène, le tranchet, le marteau, la forme, le fil poissé et les fers à lisser, et sur lequel nous n'insisterons pas ; la *fabrication mécanique*, dont nous décrirons tout à l'heure l'outillage et la mise en œuvre, où la main de l'ouvrier n'intervient que pour déterminer le jeu des machines, et enfin une fabrication que nous appellerons *mixte* et sur laquelle nous allons nous arrêter un moment. La confection d'une chaussure peut brièvement s'expliquer en quelques mots. Deux pièces principales la constituent, la tige et la semelle ; la tige, formée de cuir ou d'étoffe, ou de l'union de ces matières, se compose de parties découpées sur des patrons variés, cambrées sur des formes convenables et cousues entre elles par des piqûres, garnies d'ornements, de boutonnières, d'œillets, etc.; les semelles, où l'on peut comprendre le talon, formées de pièces de cuir fort ou faible, cambrées, enserrant entre elles le bord de la tige, le tout fixé invariablement. Le travail complet demande donc une première série d'opérations que nous nommerons préparatoires, de découpage, de cambrage, de piqûre, et une autre série constituant le montage et la jonction définitive des pièces. Bien que toutes ces opérations puissent se faire et s'établissent souvent d'une façon complètement mécanique, il y a lieu, à ce sujet, de faire une distinction. On comprend aisément que le rôle de la machine était tout indiqué pour la première série, et que les résultats devaient être bien supérieurs à ceux du travail à la main, mais pour la seconde, il est quelques fabricants qui ont toujours trouvé, au contraire, des avantages considérables pour la perfection de leurs produits à conserver l'ancien mode de travail, et cela peut s'expliquer dans une certaine mesure. Non pas que les machines inventées soient imparfaites en elles-mêmes, mais, et ceci est une observation générale s'adressant à une foule d'industries, parce que le travail mécanique n'exigeant plus, de la part de ceux qui l'exécutent, une connaissance si approfondie de leur métier et réclamant un trop grand nombre de mains, est confié trop souvent à des ignorants ou des négligents qui croient, que débrayer ou embrayer une machine constitue toute leur tâche, et qui n'apportent pas à son exécution toute l'attention que réclamerait un bon résultat. De là

la répulsion de bien des personnes pour les travaux dits mécaniques, surtout dans tout ce qui touche à l'industrie du vêtement. En réalité, ce n'est pas là machine qui est défectueuse, c'est son conducteur ; seulement, comme le produit est entaché de ce vice, cette sorte de répulsion peut être quelquefois légitime. Aussi, comme nous le disions, quelques fabricants n'ont-ils voulu profiter des progrès que là où ils ne pouvaient entraîner aucun inconvénient. Citons notamment M. Pinet, qui a établi à cet égard sa fabrication avec le soin le plus judicieux et qui a eu à vaincre les énormes difficultés, chaque jour plus grandes, provenant de la raréfaction des bonnes mains. Les entretenir, les faire surgir, n'a pas été le côté le moins pénible de sa tâche, et c'est grâce à son énergie et à celle de quelques-uns de ses confrères que cette branche de notre industrie a acquis un grand développement. Nous n'avons pas besoin, après ce qui précède, de définir plus amplement ce que nous entendons par *fabrication mixte*; quant au choix des machines empruntées à la fabrication entièrement mécanique, il sera facile à discerner, et nous n'en détacherons pas la description, afin de faciliter la succession des opérations que nous allons exposer.

Fabrication mécanique. Nous allons, pour décrire cette fabrication, suivre pas à pas la confection d'une chaussure depuis le moment où le cuir entre dans l'usine jusqu'à celui où elle peut être livrée à la consommation, en exposant les procédés et machines employés pour les diverses opérations, dans leur ordre de succession.

Préparation des diverses parties de la chaussure.

Cette préparation comprend le découpage du cuir, tant pour former les semelles, l'empeigne, les tiges et les talons ; les refendages de certaines de ces pièces, le cambrage des tiges et des semelles, l'assemblage des diverses parties de la tige, en un mot toutes les opérations que nécessite la confection d'une chaussure, depuis le moment où l'on prend le cuir jusqu'à celui où l'on réunit la semelle à l'empeigne.

Découpage. Les machines les plus simples qui réalisent cette opération et qui ont été employées en premier sont des balanciers, qui d'ailleurs n'offrent aucune particularité spéciale dans leur construction. A l'aide d'outils, découpoirs, placés sur les feuilles de cuir, le tout disposé sur un billot de bois, l'ouvrier peut, en frappant avec son balancier, soit que celui-ci soit mû à la main ou mécaniquement, découper des semelles, les rondelles à talons dans du cuir fort; ou les empeignes, les contreforts, les tiges, etc., dans des peaux convenables. On peut adresser aux balanciers un reproche général pour ce genre d'opération, c'est par la nature même de leur action de pouvoir donner lieu à un léger déplacement excentrique, soit de l'outil découpeur, soit de la matière tranchée. Un outil qui lui est bien préférable, c'est celui de la presse à plateau descendant verticalement à un point déterminé, réglé une fois pour toutes, agissant sans choc par simple pression sur l'outil découpeur, qui sera bien moins promptement détérioré. La figure 478 représente une machine de ce genre. La presse peut être réglée par un volant supérieur à vis, de façon à descendre à telle distance que l'on veut du plateau ; une seconde vis à volant perpendiculaire à la première fixe invariablement la position. Cet outil peut donner 30 coups à la minute, une pédale permet un contrôle immédiat de la machine, que l'on peut arrêter instantanément dans sa course. Comme dernier perfectionnement à cette opération du découpage, signalons celui apporté dans les outils découpeurs livrés avec cette machine. Le biseau est disposé de telle sorte que la pièce découpée se loge librement dans l'outil et y est chassée de bas en haut par la pièce suivante:

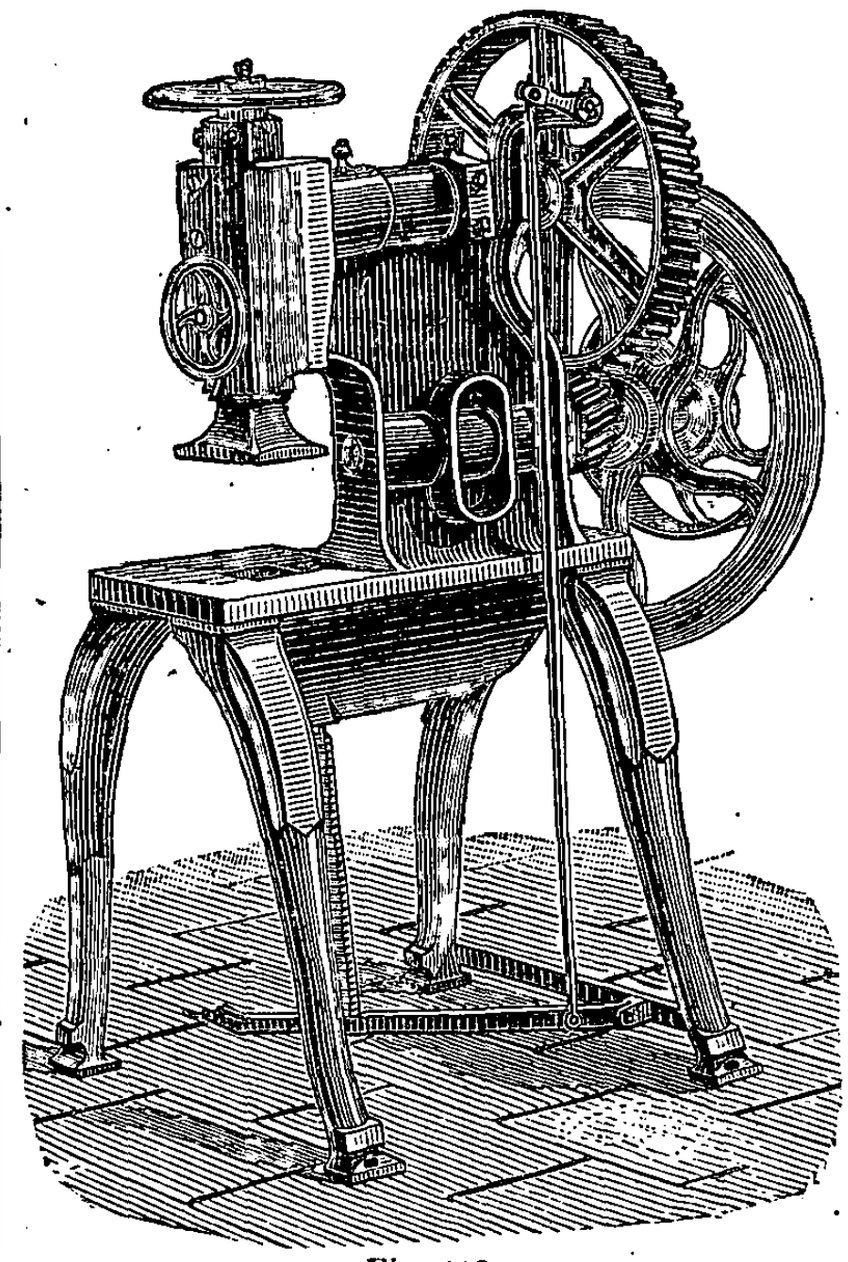


Fig. 478.

ces diverses pièces s'élèvent ainsi et sortent librement au sommet du découpoir, sans que l'ouvrier ait d'autre soin à apporter à son travail qu'à soulever le découpoir, pour déplacer le cuir ou la peau, après chaque coup donné par la machine.

S'il s'agit de découper des bandes de largeur uniforme, comme les couchepoints, les chapelets, etc., on emploie des découpeuses à molette. Ces machines coupent sans interruption et avec une très grande vitesse, n'importe quelle longueur de cuir, avec une parfaite netteté et une régularité dans les largeurs qui se règlent instantanément au moyen d'un guide, elles remplacent très avantageusement l'ancienne cisaille et sont appelées à faire disparaître la serpette.

Cambrage. Les semelles une fois découpées doivent être cambrées pour épouser la forme

qu'elles présentent naturellement dans les chaussures. Ce résultat s'obtient facilement à l'aide de toute machine comprimant énergiquement les semelles découpées entre un moule et un contre-moule présentant le galbe que l'on veut obtenir. Une presse à levier, un balancier, la presse précédente, dans lesquels l'organe mobile est armé d'une partie du moule et vient presser contre l'autre fixée à un bâti ou à une table, permettent d'obtenir ce résultat. La figure 479 montre une disposition spéciale de presse à pédale pour cette opération. La même opération s'applique également aux tiges, travail que l'ouvrier faisait autrefois au marteau sur la forme, et qui est indispensable pour que la chaussure épouse la forme générale du pied. Parmi les machines qui remplissent ce but, la cambreuse Nardi est justement réputée pour ses facilités d'emploi et la perfection du travail. Elle se compose d'un bâti dans lequel on encastre deux gabarits de forme appropriée au modèle choisi, que l'on écarte ou rapproche à volonté l'un de l'autre et sur lesquels on pose la pièce de cuir plate découpée. A l'aide d'une crémaillère, actionnée par des pignons, soit à la main, soit par une transmission mécanique, on fait descendre sur le cuir une sorte de couteau mousse en guillotine qui passe entre les deux gabarits entraînant le cuir qui sort au-dessous avec la forme voulue. On remonte le couteau, ou un contre-poids ajouté à la machine rend ce mouvement automatique. Cette machine peut cambrer 300 tiges par jour à peu de frais.

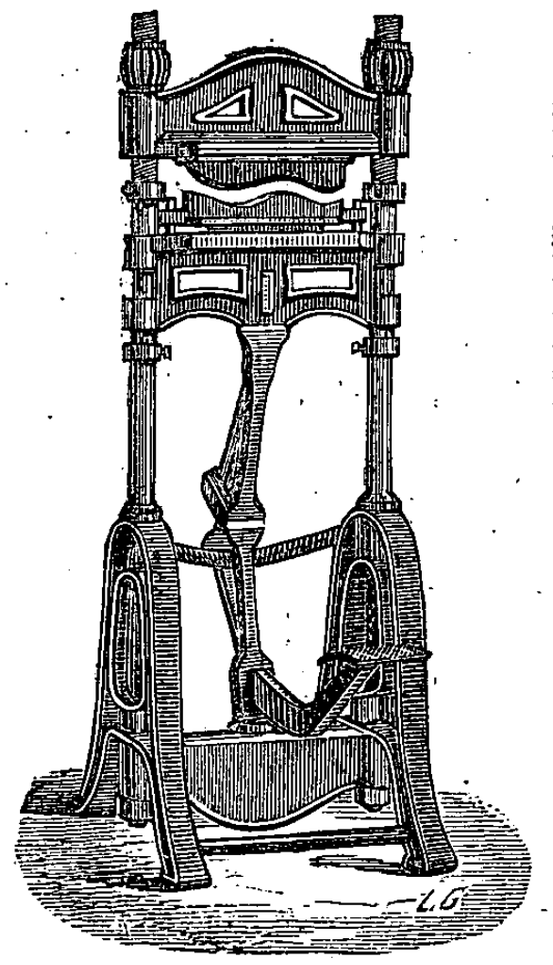


Fig. 479.

Préparations accessoires. A côté de ces opérations fondamentales, découpage des cuirs et des peaux, cambrage des semelles et des tiges, la fabrication mécanique des chaussures trouve encore le moyen, à l'aide de divers outils, d'exécuter rapidement un certain nombre d'autres opérations que nous réunissons dans ce groupe. C'est d'abord le *refendage des cuirs* lorsqu'ils sont trop épais pour l'usage auquel on les destine. La machine qui exécute ce travail se compose de deux cylindres dont un entraîneur, et d'un couteau dont la lame parallèle aux génératrices du cylindre se dispose à volonté pour trancher l'épaisseur du cuir dans des proportions voulues. L'on peut ainsi obtenir les deux faces du cuir parfaitement nettes; et la partie enlevée d'un seul coup peut recevoir d'autres usages. Ces machines à refendre sont encore d'un usage constant pour la disposition spéciale des semelles de chaussures à talon Louis XV, qui doivent être tranchées en deux lames sur une certaine longueur, de façon à en rabattre une certaine portion sur le devant du talon ainsi que le montre la figure 480. C'est ensuite la machine à *parer les contreforts*, opération qui a pour but de diminuer l'épaisseur du cuir sur une certaine largeur tout autour du contrefort. Ces machines, dont il existe un assez grand nombre de modèles, se composent d'un système de rouleaux entraîneurs amenant le cuir devant un couteau qui en enlève une bande de largeur et d'épaisseur déterminée. Cette bande pouvant ultérieurement servir à d'autres usages, avantage

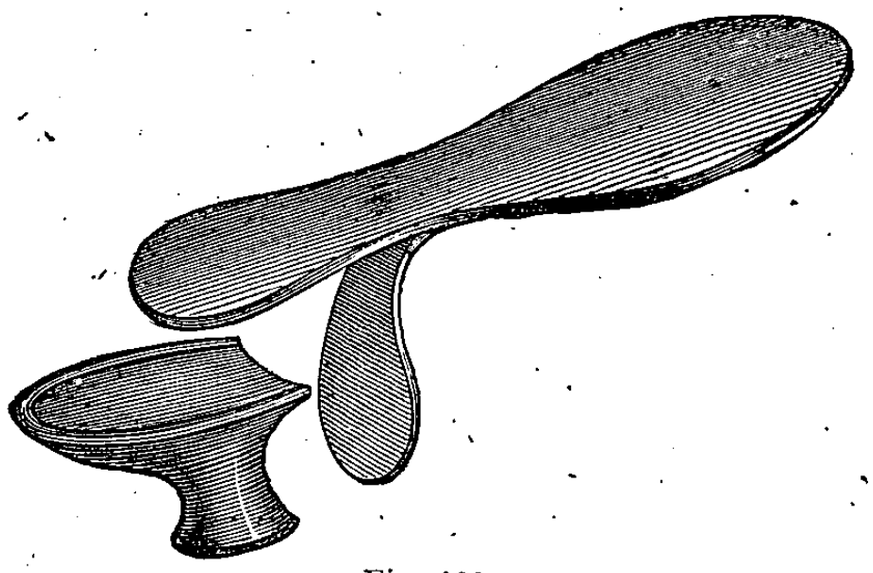


Fig. 480.

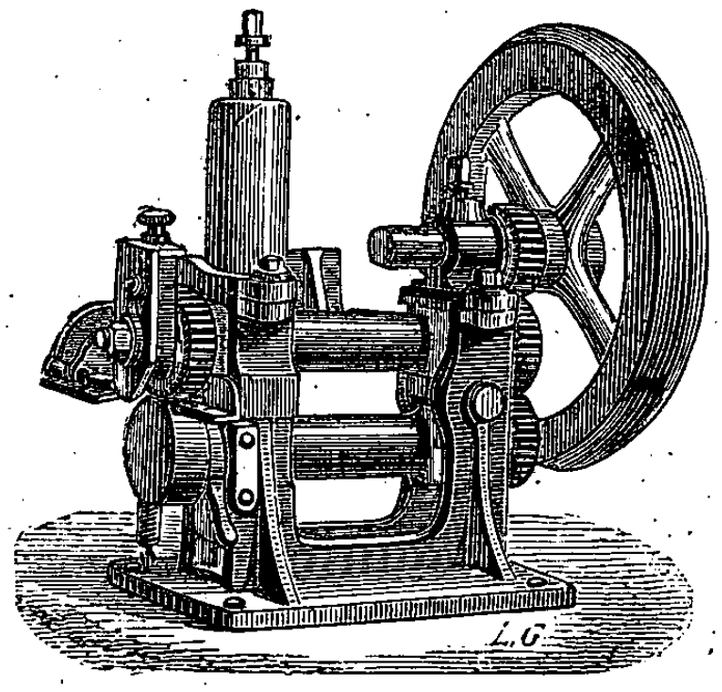


Fig. 481.

qu'on ne peut trouver dans le parage à la main outre l'irrégularité de ce mode de faire. La figure 481 représente une machine de ce genre; elle permet de parer les contreforts les plus minces, avec une régularité parfaite, aussi bien sur la partie curviligne que sur la partie droite. Elle sert également pour les brides et empeignes de galoche. Enfin, d'autres machines de construction très simples, basées sur l'emploi de couteaux fixes et de cylindres entraîneurs pour couper les *baguettes*, les *trépointes* et les *chapelets*. Une machine à tourner les *couchepoints*, pièce contournée en anneau ou-

vert et plissée qui sert à asseoir le talon sur la semelle, et qui forme le complément de la machine à parer les contreforts, car elle utilise les bandes qu'on recueille dans cette opération. Elle se compose de deux molettes striées disposées à angle et entre lesquelles on engage la bande de cuir qui ressort pliée en deux, contournée et plissée. Une autre machine enfin d'apparence analogue à une machine à coudre, qui sert à replier les bords de chevreau et d'étoffe pour la piqûre, les baguettes de recouvrement, etc.

Piqûre des tiges. Cette opération, l'une des premières exécutées mécaniquement dans la confection des chaussures, et qui a presque absolument remplacé le travail à la main, même pour les chaussures terminées à l'aide des anciens procédés, s'exécute à l'aide de machines à coudre. Le principe sur lequel repose le mécanisme n'a reçu d'ailleurs aucun changement, nous ne traiterons

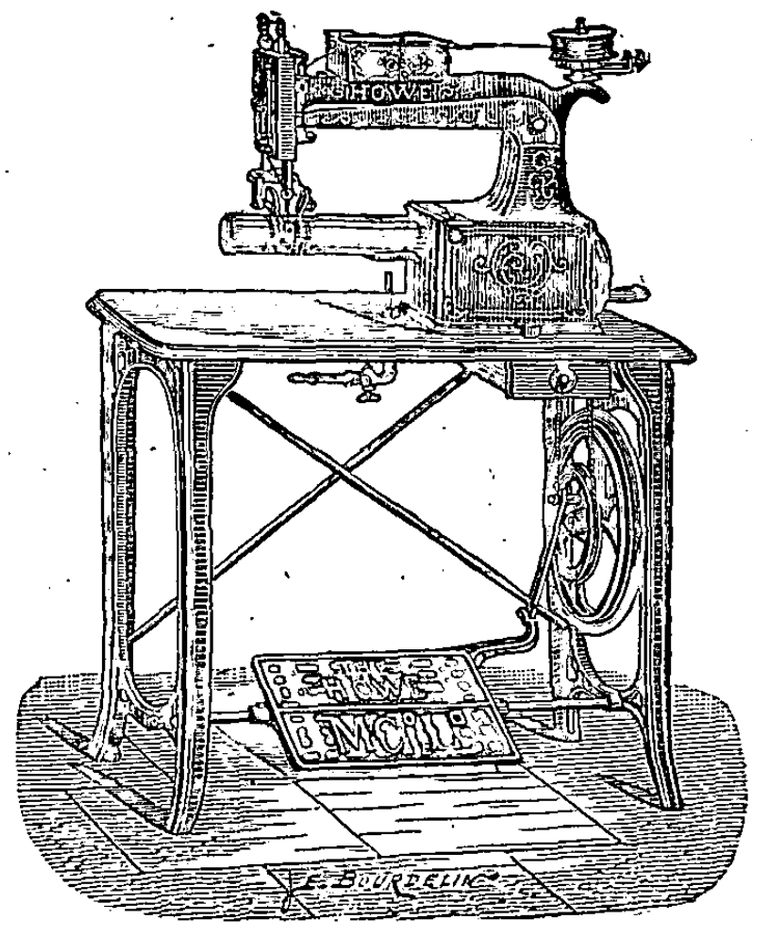


Fig. 482.

pas ce côté de la question qui est spécialement exposé au mot Couseuse (V. ce mot). On a seulement modifié quelques organes accessoires, en vue de cet emploi déterminé, notamment pour coudre au fil poissé. Ainsi dans la machine Howe, dite *à canon*, représentée (fig. 482), la navette est contenue dans un cylindre, élevé au-dessus de la table, muni d'une molette striée qui facilite l'entraînement du cuir, les deux fils circulent dans des réservoirs de poix chauffée de façon à bien les enduire. Dans un autre type la navette est disposée dans une bigorne facilitant l'emmanchement des pièces. Enfin un mécanisme supplémentaire qu'on ajoute à volonté sur les machines ordinaires et dit l'*universel* facilite considérablement le travail des boutonnières.

Voici donc toutes les diverses parties de la chaussure préparées isolément, et comme on peut s'en rendre compte, toutes ces différentes opérations peuvent être réalisées mécaniquement. Il nous reste à montrer comment on arrive à les assembler les unes aux autres pour former une chaussure.

Montage. L'on entend par montage de la chaussure, l'opération par laquelle on prépare l'empeigne sur la semelle, en donnant à la première la tension voulue pour qu'il n'y ait pas de déformation quand on retire la forme intérieure et pour permettre de procéder à la liaison définitive de ces deux parties. Pendant longtemps ce travail ne s'exécutait qu'à la main. L'ouvrier, ayant enchâssé la tige sur la forme munie de la semelle intérieure, rabattait l'empeigne sur la semelle en la tendant à la pince et la fixait avec des pointes longues ; si la chaussure est clouée, il passe alors entre les bords de la tige un fil qui maintient la tension, décloue, déforme et procède au clouage ; si la chaussure est cousue, il coud d'abord la trépointe, puis la semelle intérieure, enlevant les pointes provisoires au fur et à mesure de l'avancement du travail.

De nombreuses machines ont été imaginées pour remplacer le travail à la main. Leur importance est grande, dans les manufactures outillées sur une grande échelle, où certains engins étant susceptibles d'une production considérable, il importe essentiellement que le même principe puisse se trouver dans les diverses phases du travail, afin que l'une d'elles ne laisse pas les autres en suspens et ne trouble la bonne division des opérations. De tous les problèmes mécaniques qu'offrait l'industrie de la cordonnerie, celui-ci était un des plus délicats. Certaines machines exécutent le travail entièrement, d'autres partiellement seulement, mais en en abrégeant beaucoup la durée et la facilité. Cela tient à la fois et au mécanisme et aux différents systèmes de montage adoptés, montages sur forme en fer, en bois, la forme restant dans la chaussure ou devant être retirée pour la suite des opérations.

On emploie entre autres une machine, dite *magnétique*. La tige fixée en premier sur la forme par quelques semences, celle-ci est montée sur un étau mobile, et l'ouvrier a la complète liberté de ses mouvements. A une hauteur calculée, au-dessus de la forme, est placé un marteau à face aimantée. L'ouvrier tend alors la tige avec les pinces, présente la forme au point voulu et, en appuyant sur une pédale, le marteau prend une semence qui lui est présentée automatiquement d'un réservoir à cet effet et l'introduit à l'endroit précis où elle est requise. La machine fait donc tout, hormis la tension de la tige.

La machine Lemercier fonctionne de la façon opposée. C'est elle qui exécute la tension, et l'ouvrier pose les semences à l'aide d'un petit outil à poussoir à ressort, aimanté également, de façon à ce que l'on puisse cueillir la semence facilement dans un réservoir. La forme calée convenablement sur un support, on saisit les bords de la tige dans une série de pinces suspendues par des chaînes à deux bras croisés. Ces chaînes sont enroulées sur des petites gorges à rochet, de façon à pouvoir en régler à volonté la tension. Cela fait, on renverse les deux bras qui se trouvaient au-dessus de la forme, ceux-ci entraînent les pinces,

les rabattent horizontalement et tendent la tige sur tous les points à la fois, tension que l'on peut encore modifier par places, si cela est nécessaire, à l'aide des chaînes. Il n'y a plus qu'à se servir du chasse-semence, comme d'un compte-gouttes, pour fixer les semelles et la tige par quelques pointes.

Le dernier type de ces machines, récemment conçu par M. Huré, réalise les deux opérations à la fois, tension et fixage. La forme, revêtue de la tige et tenue à la main, est glissée contre un guide arqué au-devant de l'outil: En appuyant sur une pédale on détermine l'embrayage de certains organes qui actionnent une pince saisissant la tige et la tendent; en appuyant sur une autre pédale, on embraye une seconde série d'organes qui donnent lieu à la formation d'une pointe, aux dépens d'une petite lame de cuivre engagée dans des supports; cette pointe est chassée et enfoncée dans la matière; ceci fait, on abandonne les pédales, déplace la forme le long du guide et recommence la même opération un peu plus loin.

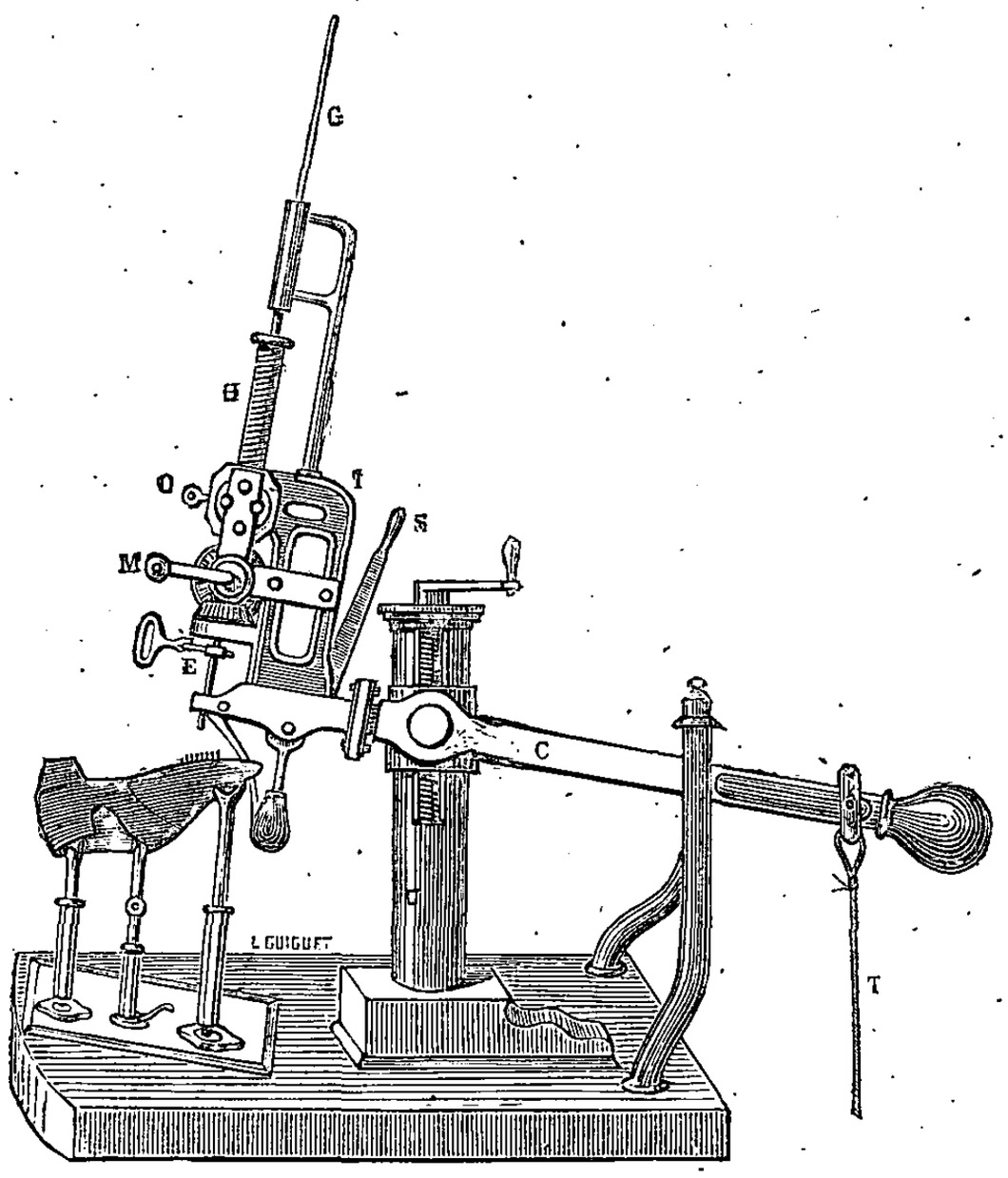


Fig. 483. — *Machines à visser.*

Nous avons déjà vu que le travail du montage de la chaussure subissait une petite variation, suivant que l'on devait terminer la pièce par le vissage ou par la couture. Ce sont ces deux modes de travaux qu'il nous reste à étudier et qui vont former chacun une division séparée, suivant leur nature.

Chaussures vissées. Les chaussures vissées, qui ont formé la première et très importante phase de la cordonnerie mécanique, avaient été, il est vrai, précédées des chaussures clouées et rivées, procédé déjà très expéditif pour réunir les deux semelles d'une chaussure et emprisonner la tige entre elles. Mais, ainsi que le fit ressortir M. Dumery, le véritable inventeur du vissage, ces premiers procédés ne pouvaient donner que des résultats imparfaits et, théoriquement du moins, le vissage mécanique leur était non seulement supérieur, mais encore dans une certaine mesure supérieur au cousage à la main. C'est qu'en effet le vissage mécanique permet seul de fixer invariablement les diverses parties de la chaussure pendant qu'une compression convenable en assure la réunion, alors que dans les autres procédés la compression exercée d'abord par le martelage tend à être détruite en vertu de l'élasticité, pendant la durée du fixage qui est imparfait et irrégulier. L'emploi de l'hélice, qui constitue la vis, avec la pression simultanée, produit un véritable joint pour ainsi dire inattaquable; la résistance à la désunion est en quelque sorte proportionnelle aux actions qui tendraient à la produire. Toutefois ces vis doivent remplir certaines conditions résultant de la différence des matières qui formeront le joint, à savoir : le cuir et le cuivre, dont les capacités de résistance sont bien différentes et à peu près dans la proportion de 1 à 60. Dans une chaussure vissée, on peut considérer la tige comme traversée par une vis, dont les deux semelles intérieures et extérieures forment les écrous; la solidité dépendra de l'adhérence des écrous après la vis, d'où cette condition à remplir : de donner une épaisseur plus forte aux filets saillants de l'écrou logés dans les vides du pas de vis, qu'aux filets de cette vis remplissant les vides dans l'écrou. En prenant pour le rapport des pleins et des vides de l'hélice tracée sur le cuivre les valeurs 1 : 3, et tenant compte des variations causées dans les résistances par les surfaces en contact, on voit que, malgré l'énorme différence qui existe comme densité et comme résistance entre les deux substances cuivre et cuir, on peut, par les proportions des différentes parties de la vis, par rapport au cuir, approcher, pour chacune d'elles, d'une égale somme de travail, et donner aux parties jointes une solidité que nul autre mode de jonction connu ne pourrait leur procurer. Cette condition des proportions entre les vides et les pleins est d'autant plus essentielle que l'épaisseur des semelles intérieures n'étant jamais supérieure à 2 ou 3 millimètres, elles ne permettent d'utiliser que deux ou trois des premiers filets de la vis, que c'est sur eux que repose la solidité de la chaussure et que

si ce boulon venait à manquer, tout l'ouvrage serait compromis. Pour donner à la fabrication des chaussures vissées tout le développement désirable, les efforts des inventeurs se sont portés vers ce but : établir des machines où la vis fut fabriquée par la machine même sur un fil ou une tringle sans fin, simultanément avec son introduction dans les matières à joindre, soumises en même temps à une compression convenable. Toutefois le problème ainsi posé, malgré la solution heureuse qu'il présente, comporte une difficulté de pratique qui peut, dans une certaine mesure, expliquer l'infériorité de la chaussure vissée sur la chaussure cousue, bien que théoriquement elle semblerait devoir lui être supérieure. En effet, quand la vis a été introduite dans la chaussure, il faut la séparer de la tige sur laquelle elle a été prise; pour cela, une mordache la coupe au ras de la semelle, en produisant une bavure qui agit en sens inverse du but que l'on se propose, car son diamètre est un peu plus grand que le filet de la vis qui suit, et l'origine du trou formé au point suivant se trouve un peu plus grande que la tige métallique destinée à remplir les cavités produites. Il peut donc subsister un peu de jeu, défaut qui peut diminuer la résistance d'arrachement, surtout dans la semelle supérieure, que la vis abandonne à un moment donné, et c'est ainsi en effet, comme on le sait, que périt la chaussure vissée. La bonne exécution et l'entretien constant de cette mordache, qui devra couper net et en coin, est donc une des conditions primordiales de la réussite du travail.

Nous allons décrire maintenant la machine à visser Lemercier, dont l'usage très répandu a consacré les mérites. La chaussure montée peut être vissée sur forme, ou sans forme. La figure 483, qui montre cette machine, représente le cas d'une chaussure sur forme, disposée sur un support approprié, que l'ouvrier déplace tout entier pour présenter les divers points da la ligne de vissage sous l'instrument. Dans le second cas, ce support est remplacé par une bigorne, sur laquelle l'ouvrier fait glisser la chaussure. Ce dernier mode est plus souvent employé dans les grandes fabriques, parce qu'il procure une économie dans le matériel de ces formes. L'outil est monté sur une table à jour munie d'une pédale, que l'ouvrier fait marcher au pied, pour agir par la tige T sur le balancier à contrepoids C, et provoquer la pression du nez de ce balancier sur la chaussure. Le point d'oscillation du balancier dans son support U, ainsi que le point d'attache de tige T, sont réglables à volonté, pour pouvoir suffire aux divers cas de la pratique avec le même outil. Sur le nez du balancier est disposé un étau I portant un guide Y et la bobine porte-tige H laissant passer la tige G, qu'un collet E avec vis à violon maintient fixé au guide. Un système de roues d'angles commandées par une manivelle M fait descendre le système du guide Y et de la tige G. Un coussinet en deux pièces O qu'un système de vis à filets contrariés commandés par une manivelle permet d'écarter ou de rapprocher à volonté, maintient le porte-tige H, qu'un ressort à boudin tend à rappeler. Enfin le nez porte un burin qui forme le filet sur la tige, et en dessous un ciseau qu'on fait avancer à l'aide du levier S. Il est facile de suivre maintenant le fonctionnement de la machine. Le coussinet O ayant été serré de façon que la tige soit descendue au niveau du nez et la chaussure présentée sous l'outil, on appuie sur la pédale, et vient comprimer, avec le balancier, la chaussure sur la forme ou sur la mordache, on agit sur la manivelle M, qui provoque la descente hélicoïdale de la tige, qui se filète en passant devant le burin et pénètre dans la chaussure, après un nombre convenable de tours de manivelle, on coupe le filet au ras de la semelle, à l'aide de la manivelle S, lâche la pédale; le balancier remonte de lui-même, on déplace la chaussure et recommence l'opération. Quand la portion de tige entre le collet E et le nez est usée, on desserre le collier O, le ressort qui entoure H l'entraîne, la tige descend, on referme le collier et l'on continue comme précédemment. Il faut remarquer que la tige filetée introduite dans la chaussure reçoit à ses deux extrémités deux rivures, une à l'intérieur par écrasement contre la forme ou la bigorne, l'autre par la coupe en V du ciseau sur la semelle extérieure. Il est vrai que cette seconde entraîne l'inconvénient que nous avons signalé plus haut, quand on reformera le filet de vis. Ce défaut est peut être moins sensible ici, à cause de la rivure faite sur la semelle intérieure.

Chaussures cousues. La jonction de la tige et des semelles à l'aide de la couture peut s'obtenir par plusieurs moyens, et la transformation des opérations manuelles ordinaires en opérations mécaniques a donné lieu, surtout en Amérique, à la construction d'une série très intéressante de machines. Le moyen le plus simple consiste à réunir les deux semelles et la tige à l'aide d'une couture ordinaire traversant les trois pièces. Puis ensuite vient la couture sur trépointe que le cordonnier emploie le plus souvent pour confectionner les chaussures, qui consiste à coudre sur la forme une bande de cuir, dite *trépointe*, par un point qui traverse cette pièce et la tige d'outre en part, passe dans l'intérieur de la semelle intérieure pour ressortir à travers les deux premières pièces de la même façon qu'elle y est entrée, et enfin la couture, dite en chausson ou escarpin, dans laquelle la semelle intérieure n'existe pas, et où la couture est faite

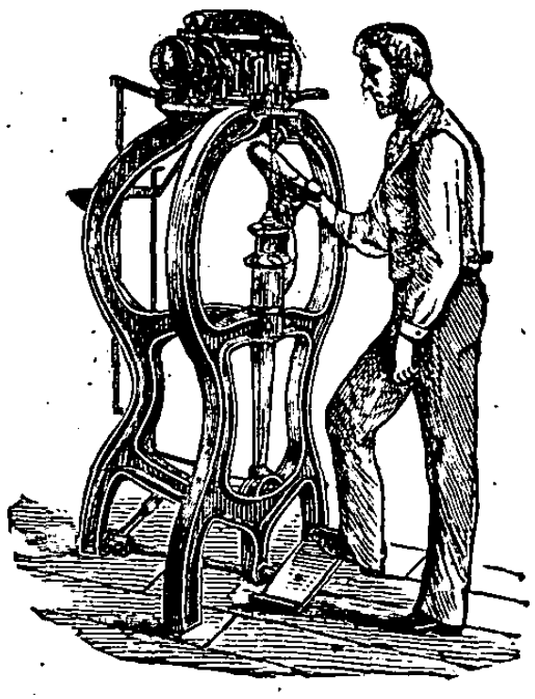


Fig. 484.

en renversant la tige sur la forme, la partie extérieure contre elle, en cousant alors la semelle appliquée et retournant la tige après coup.

La double couture qui traverse tout le système est parfaitement réalisée par la machine Blake, machine à coudre du genre des machines à navette ordinaire, d'une disposition appropriée au but à remplir, et qui est un des outils remarquables de la cordonnerie mécanique. Cette machine, représentée par la figure 484, présente une bigorne mobile autour d'un axe vertical, de sorte que l'ouvrier peut facilement guider la chaussure pour présenter, sous l'aiguille, tous les points de la couture, qu'elles qu'en soient les sinuosités. Le fil pris à une bobine enfilée sur l'axe de la bigorne, traverse celle-ci qui contient la navette située à son sommet, et passe dans son chemin dans un réservoir de poix chauffé par un petit jet de gaz. La chaussure ayant été montée, on commence par graver la semelle extérieure, c'est-à-dire à relever tout autour en dessous un petit bourrelet de cuir, et à tracer une rainure au droit

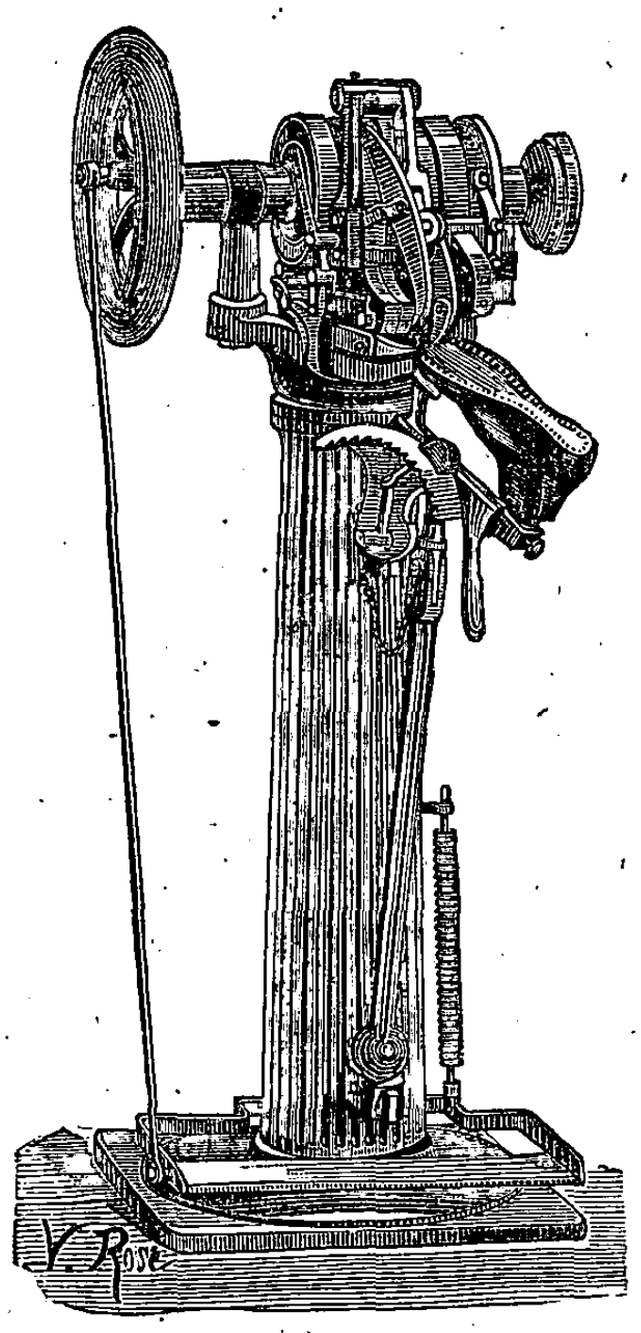


Fig. 485.

du joint. Ce bord rabattu ensuite recouvrira le point de couture, et l'ouvrier a ainsi un guide certain pour son travail. La semelle gravée est posée sur la chaussure, celle-ci enchâssée sur la bigorne, et l'outil mis en marche, soit à la main, soit par une transmission. Un petit pied-de-biche, disposé latéralement à côté de l'aiguille, détermine un entraînement régulier, par suite la régularité de la couture, en même temps qu'une compression des pièces à joindre sur la bigorne pendant la formation d'un point. Une machine de ce genre coud facilement 250 paires de chaussures par jour.

Un dernier outil, complément du premier, achève le travail. C'est la machine à rabattre la gravure et à lisser la semelle. Elle consiste en un étau construit de manière à supporter et maintenir solidement la chaussure sur sa forme, ou celle sur laquelle elle a été mise après la couture faite. Ainsi fixée, la chaussure se meut lentement d'avant en arrière et réciproquement au gré de l'opérateur, dans une distance convenable. Pendant cette opération, au moyen d'une pédale, un rouleau, libre sur un arbre le traversant au centre, tourne très rapidement fermant les gravures et lissant la semelle ; la chaussure se trouvant assujettie à cette pression en tous sens à volonté, sans qu'aucune partie ne puisse y échapper ; une poignée fixée à l'étau permettant, en outre, de le faire osciller de droite à gauche à tout angle, suivant la forme de la semelle.

La machine à coudre les trépointes (fig. 485) présente une intéressante solution de cette opération. La chaussure montée sur la forme est disposée sur un étau mobile que l'ouvrier peut facilement diriger. La machine à coudre comporte une aiguille courbe à crochet et de plus une alène de même courbure, mais disposée symétriquement au-dessous de l'aiguille et un peu sur le côté. Lorsque la chaussure, mise en place, on agit sur la pédale d'embrayage, voici comment le fonctionnement s'opère. L'alène passant entre la tige et la lisse perce un trou puis se retire, la forme est entraînée de façon que le trou percé vient en regard de l'aiguille qui opère la couture, pendant ce temps un second trou est percé qui viendra se disposer en regard de l'aiguille et ainsi de suite. Le travail de l'ouvrier consiste uniquement à diriger l'étau qui porte la forme pour présenter la ligne sinueuse de la gravure sous l'alène. La couture est faite au fil poissé, son passage dans un petit conduit chauffé par un petit bec de gaz assure, comme dans la machine précédente, un bon état du poissage.

Fig. 486.

Enfin la machine à piquer au point découvert (fig. 486), complément de celle à coudre la trépointe, qui sert à fixer la semelle à celle-ci. La forme reste dans la chaussure, une aiguille courbe permet de bien placer le point au-dessous de la tige, et la chaussure ainsi fabriquée présente toutes les apparences de la chaussure faite à la main. On peut remplacer la trépointe par une semelle entre-deux cousue par la machine Blake, décrite en premier, et l'on peut facilement rem-

placer la semelle extérieure lorsque celle-ci est usée.

Pose des talons. Les talons sont formés, en général, sauf les talons Louis XV dont nous avons déjà parlé, d'une série de rondelles de gros cuir superposées, collées et clouées entre elles qu'il faut fixer à la chaussure. On emploie pour cela deux modes. Ou bien on les fixe par des clous

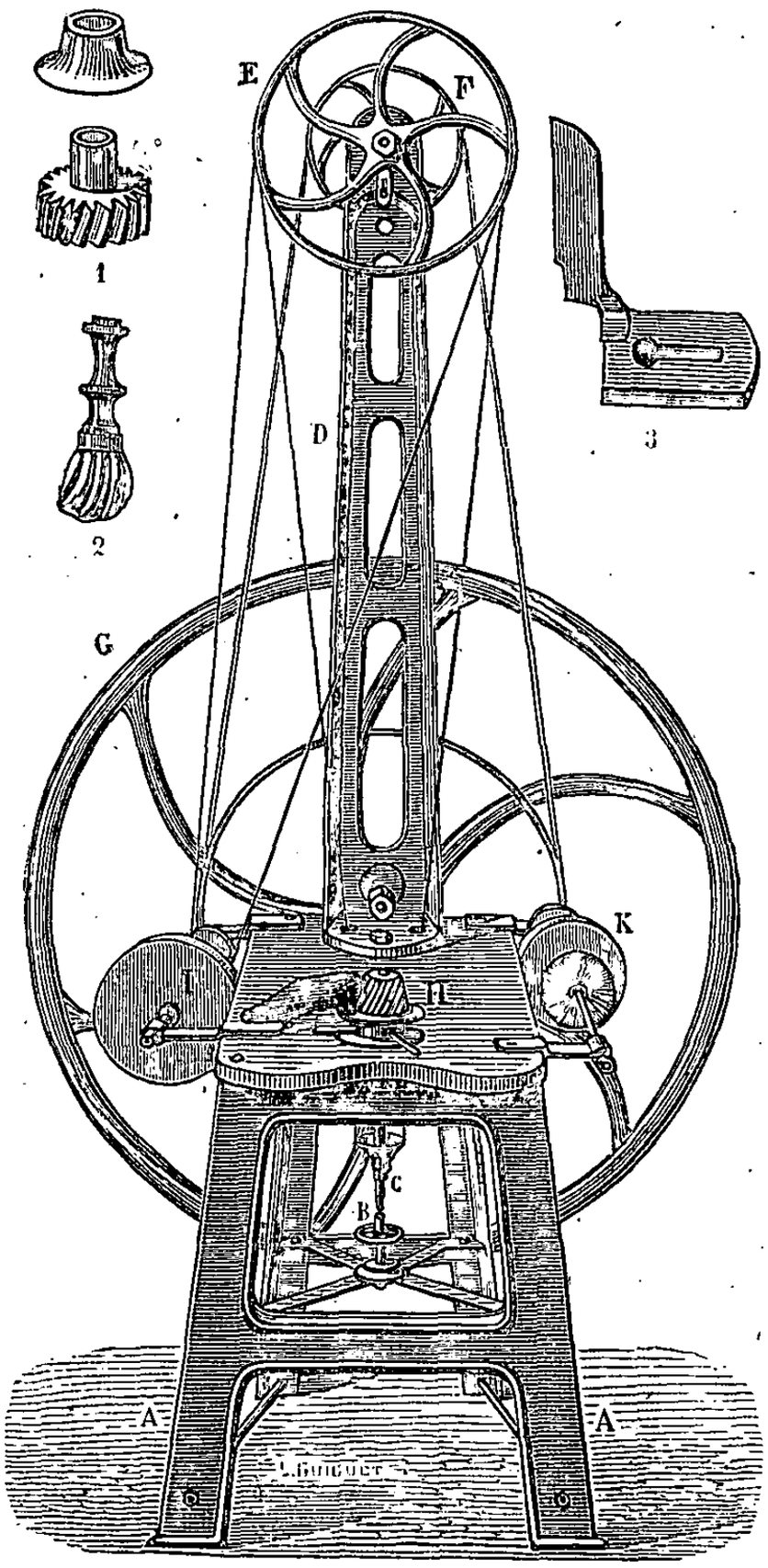


Fig. 487 à 491. — *Machine à redresser, polir et finir.*

AA Pieds. — *B* Volant régulateur. — *C* Arbre vertical. — *D* Grand support. — *E* Petit volant à gorge. — *F* Poulie de la courroie. — *G* Grand volant. — *H* Fraise. — *I* Auge et meule. — *K* Galet et brosse. — 1 Fraise et guide pour semelles. — 2 Toupie polissoir. — 3 Guide des fraises à talon.

entrant par l'extérieur de la chaussure, ou au contraire ils pénètrent par la surface extérieure du talon, le traversent en entier et se rivent à l'intérieur de la chaussure. Ces deux sortes de travaux peuvent s'exécuter facilement à l'aide de machines analogues à des marteaux pilons et que l'on peut aisément concevoir sans insister beaucoup sur leur construction. Dans le premier cas, un pied en forme d'emboîtage, dont la surface est perforée de plusieurs trous, dans lesquels se place chaque clou, repose au fond sur un poinçon repousseur. La chaussure emboîtée on pose le talon, agit sur une pédale provoquant et l'ascension de la forme et la descente du marteau et, sous cette compression énergique, le talon est fixé en place. Dans le second, le talon muni de ses clous est posé sur un plateau porté sur le poinçon repousseur, la forme portant le soulier est fixée à un poinçon descendant. Cette très belle machine, due à M. Mac-Kay, comporte quelques dispositions auxiliaires, entre autres une lame montée sur le plateau qui permet de fraiser le talon, opération qui se fait souvent à part et dont nous parlerons tout à l'heure. Bien que d'un prix élevé, elle permet certaines simplifications dans le découpage de préparation et peut alors rendre de grands services.

Finissage des chaussures. La chaussure établie ainsi que nous venons de le voir, est terminée, en tant qu'assemblage des pièces, mais avant d'être livrée au consommateur, il faut lui faire subir un travail de finissage, qui consiste d'abord à coller la contre-semelle intérieure, recouvrant la couture ou la rivure, travail sur lequel nous n'avons pas à insister, puis à ébarber le talon et les tranches des semelles, dites *lisses*, opération connue sous le nom de *déformage des lisses*, à les noircir et à les polir. Ces opérations s'exécutent à l'aide de fraiseuses montées sur des arbres tournant rapidement, devant lesquelles on présente les parties à travailler, entre des guides qui protègent les parties voisines et les préservent de tout accident. La machine à fraiser les talons, système Latham, est très bien conçue. La chaussure emboîtée dans un étau mobile peut osciller entre deux guides préservateurs devant la fraiseuse. Un autre outil analogue sert à déformer les lisses. Des polissoirs à émeri et à brosse, des fers chauffés à gaz, montés sur des arbres tournants, permettent de terminer complètement tout le travail. Une autre machine à couteau descendant permet de percer l'intérieur du talon. M. Lemercier construit également une machine très simple que représente les fig. 487 à 491 et où tous ces outils sont rassemblés. Elle peut marcher à la main ou avec transmission mécanique. Au milieu de la table de l'appareil s'élève un arbre tournant sur lequel on peut disposer des fraises de formes diverses, l'une pour les talons, l'autre pour les lisses, munies de guides qui protègent le contrefort ou la tige. Ces fraises peuvent être remplacées par une toupie en bois dont le profil présente les saillies ou les creux nécessaires pour polir, le filet du posé des talons, la courbure, les emboîtages des lisses, les lisses et le talon. D'un côté du banc, est disposée une meule pour affûter les fraises, de l'autre un galet pour polir les dessous de semelles, ainsi qu'une brosse pour nettoyer toute la chaussure. Cet appareil relativement simple peut rendre de grands services dans une fabrication. — R.

CORDONNET. *T. techn.* 1° Cordelette en chanvre, enveloppée d'un boyau de coton ou de soie, et qui sert comme cordon de store, de sonnette, etc.

C'est au moyen d'une petite machine, dite *métier cordonnet*, qu'on enveloppe cette cordelette d'un tissu protecteur. On la fixe au centre du métier; autour d'elle, des poupées en nombre variable, portent et fournissent le fil qui doit former le tissu: grâce à un poids placé à leur intérieur, ce fil est toujours tenu à un degré de tension convenable. Le mécanisme de la machine entraîne et renvoie ces poupées sans interruption, moitié dans un sens, moitié dans l'autre: de leur mouvement résulte le croisement des fils en divers points situés sur la mèche de chanvre, et par suite la formation successive de mailles qui constituent le tissu. Au fur et à mesure que ce tissu est fabriqué, il s'enroule, ainsi que la mèche qu'il entoure, sur des bobines dont le mouvement de rotation est plus ou moins accéléré, suivant qu'on veut les fils plus ou moins serrés. || 2° Grosse soie torse pour coudre. || 3° Ganse de soie ou de fil ferrée par un bout. || 4° Fil de chanvre fabriqué à Lille avec lequel on fait le plus souvent la ficelle pour fouet.

CORDONNIER, IÈRE. *T. de mét.* Celui, celle qui confectionne ou vend des chaussures de cuir ou d'étoffe et de cuir.

— Suivant Ménage, *cordonnier* vient de Cordoue, ville d'Espagne, célèbre par la supériorité de ses peaux de chèvre tannées; de là, on appela *cordouanniers* les ouvriers qui fabriquèrent des chaussures avec le *pel de cordouan* (peau de Cordoue). Dès le XIIIe siècle, les cordonniers formèrent trois classes: les *cordonniers-bottiers*, les *cordonniers pour hommes* et les *cordonniers pour femmes*. Encore distinguait-on le maître qui n'employait que le cordouan de celui qui travaillait le cuir commun. Il y eût aussi les *cordonniers-sueurs* (du latin *suere*, coudre) qui n'étaient point confondus avec les marchands. Mais toutes ces catégories étaient réunies en une seule corporation, à l'exception des *savetiers*. On comptait, en 1750, environ 2,500 maîtres, à Paris, employant de trois à douze compagnons. Cette corporation avait pour patrons saint Crépin et saint Crépinien. — V. CORPORATIONS.

***CORDOUAN.** *T. techn.* Sorte de peau de chèvre façonnée dans le genre du cuir de Cordoue.

***CORDOUANIER** ou **CORDOUANNIER.** *T. de mét.* Ouvrier qui prépare et tanne le cuir appelé *cordouan*.

CORINDON. *T. de minér.* Le corindon est généralement transparent ou translucide, avec un éclat vitreux; il présente des colorations très variées; quelquefois il est limpide et incolore, d'autres fois limpide et coloré. Les variétés limpides et colorées sont connues sous le nom de *pierres orientales;* selon qu'elles sont rouges, bleues, vertes, violettes ou jaunes, elles ont reçu les noms de *rubis oriental*, de *saphir oriental*, d'*émeraude orientale*, d'*améthyste orientale* ou de *topaze orientale*. Le corindon possède la double réfraction; quelques cristaux sont dichroïques; cassure conchoïdale ou inégale, parfois lamelleuse; réduit en poudre, il dégage, sous l'insufflation de l'haleine, une odeur argileuse très prononcée, quelquefois le corindon se présente à l'état pierreux avec une couleur variant du blanc bleuâtre au verdâtre, rougeâtre ou brun; il existe aussi en masses cristallines, en masses granulaires et compactes d'un brun foncé avec une poussière grise, dans laquelle on peut distinguer, à la loupe, des grains bleus et d'autres rougeâtres (émeri). Sa densité est comprise entre 3, 9 et 4; sa dureté = 9.

Le prisme hexagonal se trouve fréquemment, surtout dans les variétés pierreuses, il porte assez souvent des facettes du rhomboèdre; la base de ces cristaux est en général striée et chatoyante. Sur une face polie, on remarque presque toujours le phénomène de l'astérie, qui montre une étoile blanchâtre à six rayons dirigés perpendiculairement aux côtés de la base hexagonale. On peut distinguer quatre variétés dans le corindon:

1° Le *corindon hyalin* ou *télésie* (saphir) comprenant tous les corindons transparents ou translucides, incolores ou diversement colorés (gemmes ou pierres orientales); 2° le *corindon adamantin* ou *harmophane* comprenant les variétés à structure lamelleuse, à cassure rhomboïdale, couleurs plus ternes que les précédentes; ils sont tantôt prismatiques, à base hexagonale, tantôt bipyramidaux et *fusiformes* (Indes, Thibet, Chine); 3° le *coridon compact*, gris ou noir opaque, terreux, à Mozzo, dans le Piémont; 4° le *corindon ferrifère* ou émeri, à texture grenue ou presque compacte, brun, rouge ou bleuâtre, mélangé d'oxyde ferrique.

Il est complètement inattaquable par les acides azotique et chlorhydrique, attaquable en partie par l'acide sulfurique concentré; au rouge vif, les carbonates alcalins et la potasse le transforment en aluminate. Seul, il est infusible et inaltérable au chalumeau; avec les fondants, il se convertit en un verre transparent et incolore; avec la solution cobaltique, on obtient la coloration bleue propre à l'albumine. Les corindons hyalins sont tous susceptibles d'être taillés, ils fournissent à la bijouterie des pierres très estimées par leur belle couleur, leur inaltérabilité et la vivacité de leur éclat; leur prix est très élevé, il varie avec la richesse du ton qu'elles offrent, il n'est pas rare que la valeur du rubis soit supérieure à celle du diamant.

Cette pierre a reçu des noms différents suivant la teinte qu'elle possède:

Le corindon incolore porte le nom de *saphir blanc*, densité	3.970
Le corindon rouge cramoisi, *rubis oriental*, densité	3.909
Le corindon rouge de rose, variété de rubis oriental, bleu d'azur, *saphir oriental*, densité	3.979
Le corindon bleu indigo, saphir indigo, violet, *améthyste orientale*, densité	3.921
Le corindon jaune, topaze orientale, vert, *émeraude orientale*, densité	3.949

Presque tous les corindons hyalins employés en bijouterie viennent de Pegu. Le corindon possède un éclat assez vif pour qu'on l'ait fait passer quelquefois pour du diamant dont il se distingue par sa dureté et sa densité.

CORINTHIEN (Ordre). Le plus riche des trois ordres inventés par les Grecs et caractérisé par les feuilles d'acanthe qui ornent son chapiteau.

— Cette décoration fut, d'après Pline et Vitruve, ins-

pirée au sculpteur corinthien Callimaque par la vue de feuilles d'acanthe que le hasard avait fait pousser autour d'une corbeille placée sur une tombe. Cependant, longtemps avant les Grecs, les Egyptiens avaient employé des colonnes surmontées de chapiteaux en forme de vases et ornés de palmes. Quoi qu'il en soit, vu les résultats obtenus, on peut considérer les Grecs comme les inventeurs de l'ordre corinthien ; mais on doit remarquer que cet ordre ne fut pas appliqué par eux à un grand nombre de monuments. Tout d'abord, il n'en reste aucune trace à Corinthe même. Dans l'île de Théira on a découvert des tombeaux ornés de colonnes, dont le chapiteau est une espèce de corinthien et peut être considéré comme la forme la plus ancienne et la plus simple de cet ordre. Nous citerons ensuite un chapiteau appartenant à une colonne isolée au milieu des ruines du temple d'Apollon, à Bassæ. On regarde également comme un chapiteau corinthien primitif celui qui provient d'un temple d'Apollon à Branchide. Le plus ancien édifice d'Athènes qui appartienne à cet ordre est le monument choragique de Lysicrate, appelé aussi *Lanterne de Démosthènes* et qui fut construit vers 330 avant J.-C. On retrouve l'emploi du chapiteau à feuilles dans un autre monument de la même ville, la *Tour des Vents*, qui paraît dater de 150 ans avant J.-C. Enfin, du temple de Jupiter Olympien, commencé à Athènes sous Pisistrate et continué, en l'an 176 avant J.-C., sur l'ordre d'Antiochus Epiphane, il reste des fragments que l'on a appelé *Colonnes d'Adrien*, et qui montrent que cet édifice était d'ordre corinthien.

L'invention du corinthien appartient donc à la Grèce ; mais cet ordre n'a vraiment acquis son dernier degré de perfection qu'à Rome. Les bases sont souvent ornées d'entrelacs ou de feuillages ; la colonne, quelquefois lisse, est le plus ordinairement cannelée. L'ordre corinthien romain tire son principal caractère de la décoration de son *chapiteau* (V. ce mot). On y distingue, autour de la corbeille primitive, trois rangs de feuilles dont les têtes retombent en avant, et quatre volutes qui naissent du second rang de feuilles pour aller soutenir les quatre angles du tailloir. Au milieu de la partie échancrée de ce tailloir se réunissent deux volutes plus petites que les précédentes et qui supportent une rosace feuillue. Telle est la disposition générale adoptée par le chapiteau corinthien dans les derniers temps de la République romaine. Le genre de feuillage choisi par l'artiste y produit une certaine variété. Les uns ont laissé l'acanthe sauvage des Grecs, qui est épineuse et ressemble à un chardon, pour imiter l'acanthe sans épine, l'*acanthe molle*, dont le feuillage est large et assez profondément découpé pour produire un effet de richesse. Les autres ont sculpté la feuille d'olivier, dont les refends ont encore plus de fermeté et accusent un jeu de lumière plus vif. Ainsi sont taillés les chapiteaux du Panthéon, à Rome, et ceux de la Maison-Carrée, à Nîmes. D'autres ont préféré une feuille imaginaire rappelant celle du laurier. Sous les empereurs, la décoration de cet ordre devint peu à peu capricieuse. Certains chapiteaux, comme ceux que l'on voit à Rome, dans l'église Saint-Laurent-hors-des-Murs, nous montrent des trophées entés sur le premier rang de feuilles et des victoires qui, remplaçant les caulicoles et les volutes, sortent de l'aplomb pour soutenir les cornes du tailloir. Enfin, il n'est sorte de fantaisie que n'ait tentée les architectes de l'empire romain, à mesure qu'ils s'éloignaient des premiers modèles travaillés à Rome par des artistes grecs (V. Composite). La frise et la corniche sont encore des parties de l'ordonnance corinthienne où le luxe de la décoration se fait vivement sentir. La corniche possède des ornements particuliers, appelés *modillons*, qui paraissent la soutenir, et elle est généralement taillée d'oves, de feuillages et de rais de cœur. Enfin, l'on peut établir que chez les Romains l'ordre corinthien, conservant l'élégance que lui avaient donnée les Grecs, alla toujours croissant en luxe et en richesse.

Les architectes de la Renaissance ont fréquemment appliqué l'ordonnance corinthienne, dont ils ont trouvé de beaux modèles en Italie et en France. Mais, acceptant sans contrôle les leçons que leur avait données l'architecture romaine, ils en répétèrent les fautes : les plinthes carrées sous les bases, les colonnes posées sur des piédestaux que n'exigeaient ni la nécessité, ni la raison. On doit même à Palladio la malheureuse innovation de la *frise bombée*. C'est un architecte français, Claude Perrault, qui sut faire revivre les meilleures traditions de l'ordre corinthien dans sa colonnade du Louvre. — V. Chapiteau.

Les modernes ont adopté, dans sa forme et dans ses proportions, l'ordre corinthien proposé par Vignole. Ils donnent en hauteur à l'entablement le quart et au piédestal le tiers de la hauteur de la colonne. Pour celle-ci l'on compte 20 modules, c'est-à-dire 20 fois le diamètre du fût dans sa partie inférieure.

***CORIOLIS** (Gaspard-Gustave de), ingénieur, né à Paris en 1792, fut aussi un mathématicien distingué. Il sortit de l'École polytechnique pour entrer à l'École des ponts et chaussées. Il devint, plus tard, répétiteur de mécanique à l'École polytechnique et succéda, en 1838, à Dubourg, dans les importantes fonctions de directeur des études. On lui doit : *Traité de la mécanique des corps solides* (in-4°, 1829) ; *Théorie mathématique du jeu de billard* (in-8°, 1835). Il était, à sa mort (1838), membre de l'Académie des sciences.

CORMIER. Nom vulgaire du sorbier domestique et de quelques espèces d'aliziers. Son bois est brun rougeâtre, très dur, d'un grain fin et homogène ; on l'emploie très sec pour l'ébénisterie, la menuiserie, le tour, la confection des machines, la fabrication des vis, des fuseaux, etc ; son écorce est utilisée dans la teinture en noir, et son fruit (*corme* ou *sorbe*) sert à faire une boisson analogue au cidre et, par distillation, de l'eau-de-vie.

***CORMONT** (de), architectes du XIIIe siècle. La cathédrale d'Amiens, commencée par Robert de Luzarches, qui en avait jeté les fondements vers 1220, fut continuée par Thomas de Cormont, qui éleva les constructions de la nef jusqu'à la naissance des grandes voûtes ; son fils, Renaud de Cormont, lui succéda dans la conduite des travaux et passe pour l'avoir achevée en 1228, « ce qui n'est guère admissible, si l'on observe les différences profondes de style qui existent entre le rez-de-chaussée et les parties hautes du chœur. » — *Dictionnaire des architectes français*, A. Lance.

***CORMONTAIGNE** (Louis de), ingénieur militaire, né à Strasbourg en 1696, mort en 1752. Il fut maréchal de camp et directeur des fortifications des places de la Moselle. Continuateur de Vauban, il apporta d'importantes améliorations dans l'art des fortifications. On lui doit divers traités qui peuvent rendre d'utiles services aux officiers du génie : *Mémorial pour l'attaque des places ; Mémorial pour la défense des places ; Mémorial pour la fortification permanente et passagère.*

CORNALINE. *T. de minér.* Substance quartzeuse d'un rouge sang cerise et quelquefois couleur de

chair, que l'on trouve en rognons au Japon, dans l'Inde, la Perse, l'Arabie. Cette pierre, qui appartient à l'espèce des agates, est principalement utilisée par les graveurs en pierres fines, qui y exécutent en creux des sujets, portraits, inscriptions, devises, chiffres et blasons ; ces gravures servent de cachets. La cornaline arborisée peut être imitée artificiellement en faisant pénétrer une agate par de l'azotate d'argent, qui y cristallise en arborescences et noircit à la lumière.

* **CORNARD.** *T. techn.* Outil de fer terminé par un crochet relevé, qui sert dans la fabrication des glaces, à tirer les pots du fourneau de cuisson pour les mettre à la fusion.

I. **CORNE.** Les cornes sont des organes qui surmontent le front des ruminants. Elles sont de deux espèces : osseuses, comme chez le cerf, le daim, le chevreuil; etc.; ou avec une couverture d'une nature organique particulière désignée spécialement sous le nom de *corne*, comme chez le bœuf, le bufle, le chamois, le bélier, etc., alors que chez les autres animaux on désigne cet appendice sous le nom de *bois*. Ce sont les secondes dont les arts font le plus usage, en se bornant à l'étui dans lequel est renfermée la partie osseuse. Les cornes les plus estimées sont celles du bœuf d'Islande et du bison ; elles sont employées à une foule d'ouvrages qui se font sur le tour, à la confection des peignes, des tabatières, des boutons et dans tous les ouvrages de bimbelotterie et de tabletterie.

Préparation de la corne. On commence, avant tout autre travail, par débarrasser les cornes de la partie osseuse qu'elles recouvrent. Pour cela on les fait macérer une quinzaine de jours dans l'eau froide, ou mieux dans de l'eau de chaux, puis on les frappe fortement sur un corps dur, ce qui provoque la sortie du noyau. La plupart des cornes ont des nœuds, que les ouvriers appellent *galles*, qu'on enlève avec une râpe ou une écouène. Les cornes de bœufs présentent ordinairement des extrémités irrégulières ; toutes les fois que ces circonstances se produisent, on rogne ces extrémités avec une scie à feuillet à petites dents et parfaitement trempée. Les pointes servent dans une foule d'ouvrages, comme têtes de cannes, de parapluie, etc. On procède ensuite à l'opération désignée sous le nom d'*aplatissage*.

L'aplatissage de la corne, que nous avons décrit à son article spécial (V. Aplatissage), a pour but de préparer la corne en plaques planes, en lui conservant sa couleur et son opalescence, ou, au contraire, en augmentant sa transparence, suivant qu'on emploie l'aplatissage à blanc ou à vert.

Le grattage et le polissage servent à nettoyer complètement les cornes et à leur donner toute leur transparence.

Le débitage des plaques ainsi préparées en morceaux de dimensions convenablement appropriées pour l'usage qu'on en veut faire, se fait, soit au ciseau, ou mieux par le sciage, à l'aide d'une scie très fine. Lorsqu'il s'agit d'exécuter des ouvrages d'une certaine dimension, les morceaux fabriqués directement avec les cornes des animaux seraient souvent insuffisants. Mais cette matière jouissant de la faculté de se souder à elle-même, il est facile d'obtenir des plaques aussi étendues qu'on le désire. Pour cela, on ramollit les deux feuilles à l'eau bouillante, entre des plaques de bois pour éviter tout voile, on taille en biseau les parties à réunir, on applique ces biseaux l'un contre l'autre, en les maintenant par des ligatures, puis l'on soude à l'aide de pinces chauffées ou d'étaux particuliers. On se sert aussi d'un fer à souder en cuivre, ou bien on passe les pièces sous des presses de cuivre chauffées convenablement, afin d'éviter les traces que les ligatures laisseraient forcément dans ce cas, on peut réunir les parties par de simples bandelettes de papier collé. La soudure faite et refroidie, on gratte le joint, en évitant de promener le grattoir à l'encontre du biseau sur la feuille recouvrante, on ponce et l'on polit les joints au tripoli de Venise. Ce travail était très répandu autrefois pour former des carreaux de croisée, avant l'emploi des verres à vitre.

Moulage de la corne. — La corne, par suite de la propriété qu'elle possède de se ramollir à la chaleur, peut être facilement soumise *au moulage*, ce qui, pour des objets de forme tourmentée, économise considérablement la main-d'œuvre. L'on emploie pour cela des moules ordinairement en cuivre, coupés en deux parties ou à coquille. La plaque de corne, ayant été préparée comme il vient d'être dit, on la rend d'épaisseur uniforme, soit au grattoir ou fer bretté, soit au rabot à fer cannelé, puis on la fait ramollir à l'eau bouillante et on la dispose dans le moule chauffé, qui ne se ferme qu'incomplètement, mais toutefois d'une manière exacte, grâce aux goujons qu'on entre dans les oreilles. Le moule est placé sous la presse, le tout enveloppé d'eau bouillante, et l'on agit sur la vis pour réunir exactement les deux parties du moule. Cela fait, on retire le moule de l'eau bouillante, on le laisse refroidir, en favorisant cette opération par une immersion dans l'eau froide, et on ne démoule qu'après refroidissement complet. La pièce ainsi obtenue ne peut plus perdre la forme qu'on lui a donnée ; si le moule porte des ciselures en dépouille, on obtient ainsi des objets avec reliefs, dont on trouve des types intéressants dans les collections.

Ce mode de moulage, avec le concours de la pression et de la chaleur, permet encore d'utiliser les rognures et les tournures de corne. C'est, du reste, le procédé général de fabrication pour presque tous les objets en corne : boutons, manches, anneaux, etc. La soudure de deux pièces entrant dans la confection d'un objet en corne devra toujours être préférée à tous les moyens de collage, comme donnant des résultats bien préférables, tant pour la solidité que pour la bonne apparence du travail.

Le bon marché relatif de la corne a beaucoup favorisé son emploi, mais celui-ci ne pouvait prendre une certaine extension que si cette matière recevait des colorations uniformes ou veinées, qu'on obtient d'ailleurs facilement par des procédés de teinture très simples ; les couleurs

claires présentent seules une certaine difficulté à obtenir, à cause du fond terne qu'offre la matière par elle-même.

TEINTURE ET DÉCORATION DE LA CORNE. Les fabricants de peignes ont l'habitude de teindre en noir les peignes tâchés et de leur donner l'apparence du bufle. Ce résultat s'obtient en plongeant 12 ou 24 heures les objets dans une bouillie formée d'eau de chaux délitée et de minium, les lavant ensuite avec de l'eau acidulée par l'acide acétique, les faisant sécher et les passant au polissoir. Ce procédé, assez imparfait, a été perfectionné par le professeur Rudolf Wagner. Après bien des essais sur les actions des diverses matières tinctoriales, il a indiqué le moyen suivant. On forme un bain avec :

Mercure.	125 grammes.
Acide azotique concentré. . . .	125 —
Eau	500 —

Les objets en corne sont plongés 12 heures dans ce bain puis lavés jusqu'à ce que les eaux de lavage aient perdu toute réaction acide, puis on les passe dans une solution de sulfure de potassium, 1 partie par litre, et on les lave à l'eau pure et à l'eau acidulée deux fois ; on sèche et l'on polit. L'emploi du premier bain seul donne une coloration rouge, et rouge brun avec une solution concentrée, qui permet, par des applications partielles, d'obtenir de beaux effets de veinage.

Les couleurs d'aniline fournissent des moyens précieux pour obtenir des teintures variées sur la corne. Les rouges, avec la coraline, la fuschine ou la roséine; les violets, avec les mêmes substances et l'addition d'un peu de sel d'étain ; les bleus, avec les bleus de Lyon, bleus lumière, etc., en faisant précéder la teinture d'un mordançage dans une dissolution tiède de : chlorure d'étain 15 grammes, alun 60 grammes, acide tartrique 1 gramme, eau 4 litres. Enfin les verts, soit avec les verts d'aniline et un peu de sel marin, soit avec l'acide picrique et l'indigo, précédé d'un alunage. M. Pusher a indiqué qu'avec la solution de fuchsine et d'acide picrique dans l'ammoniaque, on peut, suivant les proportions, obtenir toutes les nuances, depuis le rouge bleuâtre jusqu'à l'orangé le plus clair.

Les teintures les plus difficiles à obtenir sont le blanc et le jaune. M. Mann a donné sur ce sujet des renseignements très intéressants. On procède d'abord à la coloration brune par le minium, puis on décompose le sulfure de plomb par de l'acide chlorhydrique exempt de fer et d'arsenic. Il se forme un dégagement d'acide sulfhydrique et il reste dans la matière du chlorure de plomb la colorant en blanc, d'autant plus intense que la matière est plus transparente. Ce procédé permet encore d'obtenir d'autres effets remarquables. L'acide chromique, en décomposant le chlorure de plomb et chassant le chlore, donne un jaune de la plus belle nuance. Ce résultat s'obtient en plongeant la corne teinte en blanc dans le bichromate de potasse.

Enfin on s'est beaucoup préoccupé d'imiter l'écaille avec la corne. On y arrive par les moyens suivants. On teint d'abord la corne en brun, puis on la plonge à froid dans l'acide chlorhydrique très étendu et on la voit prendre des reflets argentés, avec toute l'apparence de l'écaille. M. Burniz a proposé, pour le même résultat, d'employer la fuchsine, après un mordançage dans la potasse caustique. La coloration ainsi obtenue est plus résistante que par l'emploi des sels à base de plomb.

PRÉPARATION DE LA CORNE POUR REMPLACER LES BALEINES. L'augmentation toujours croissante du prix des fanons de baleine a fait chercher le moyen de substituer la corne aux baleines employées dans la confection des corsets. Il s'agissait de donner à cette matière une flexibilité qu'elle n'offre qu'incomplètement. Voici comment ce résultat a été obtenu. La corne soumise à l'aplatissage est débitée en morceaux de la forme des baleines ordinaires, puis on la fait macérer quelques jours dans un bain contenant 5 0/0 environ de glycérine, on la passe ensuite dans un second bain formé avec 120 litres d'eau et la solution suivante : eau 6 litres, acide azotique 8 hectolitres, acide pyroligneux ou vinaigre 5 décilitres, tannin 6 kilogrammes, bitartrate de potasse $2^k,5$, sulfate de zinc $2^k,5$. Cette dernière opération peut être remplacée par une plus simple : il suffit de faire tremper la corne dans une dissolution chaude de gélatine. Il ne reste plus qu'à teindre en noir, soit par l'un des procédés déjà indiqués, soit avec un bain de campèche, fustel et sulfate de fer, additionné de 10 gouttes d'acide azotique par 100 litres d'eau. La corne ainsi préparée est loin de présenter des qualités identiques à la vraie baleine, mais son prix de revient bien inférieur a donné lieu à une consommation considérable de ce produit pour la fabrication des corsets à bon marché. — V. BALEINE, § *Baleine factice*.

II. **CORNE**. *T. de fortif.* On appelle *ouvrage à cornes* un ouvrage de fortification composé d'un front bastionné, terminé des deux côtés par une longue branche faisant au moins 60° avec la face adjacente. || *T. techn.* Nom de divers outils à travailler le bois. || Défaut du cuir mal tanné et qui consiste en raies blanches. || *T. d'arch.* Angle saillant et recourbé en forme de corne.

III. ***CORNE**. *Myth.* *Corne d'abondance* ou *corne d'Amalthée*. Attribut ordinaire des divinités bienfaisantes et symbole du commerce et de l'agriculture. La fable suppose que la chèvre Amalthée, nourrice de Jupiter, ayant brisé une de ses cornes contre un rocher, la nymphe qui en avait la garde remplit cette corne de fruits et de fleurs et l'offrit à Jupiter. Elle dit aussi que c'est la corne arrachée de la tête d'Achéloüs, lorsque, transformé en taureau, il fut vaincu par Hercule; cette corne remplie de fleurs et de fruits par les nymphes est consacrée à la déesse Abondance.

***CORNÉE** (Peau). *T. techn.* Celle qui, mise au vent, est surprise par le hâle et devient raide et dure dans l'intérieur. || *T. de minér.* Espèce de jaspe qui a l'aspect de la corne.

***CORNEILLE**. *Art hérald.* Représentation de l'oiseau de ce nom ; il est *becqué*, *membré* et *armé*, lorsque son bec, ses griffes et ses membres sont d'un émail différent.

* **CORNEILLE** (Michel, dit l'Aîné, et aussi Corneille *des Gobelins*), peintre-graveur français, né à Paris en 1642, était l'aîné des deux fils du vieux Michel Corneille, d'Orléans (1603-1664), lui-même peintre-graveur, élève et gendre de Simon Vouet, et qui fut l'un des douze anciens, fondateurs de l'Académie de peinture en 1648. Corneille l'Aîné remporta, en 1664, le prix de peinture fondé par Colbert, et fut nommé pensionnaire à l'école de Rome. D'humeur indépendante, il quitta bientôt l'Académie pour suivre ses penchants personnels, qui le portaient de préférence vers l'étude passionnée des Carrache. Il y prit cette manière libre, facile, cursive, habile, mais absolument conventionnelle, que l'on remarque dans le *Repos en Egypte* du musée du Louvre, comme dans l'un des *Mais* de Notre-Dame, qu'il exécuta pour la corporation des orfèvres en 1672 et qui représente la *Vocation de saint Pierre et de saint André*. Son père avait peint le *Mai* de 1658 et son frère, J.-B. Corneille (dit le *Jeune*), peignit celui de 1679 pour la même corporation. On sait que tous ces tableaux votifs que les orfèvres offraient à la cathédrale de Paris le 1er mai de chaque année ont fait retour au Louvre, il y a 20 ou 25 ans, lors de la restauration de Notre-Dame. Corneille l'Aîné avait été reçu de l'Académie en 1663, un an avant son départ pour Rome ; son tableau de réception était une *Apparition de Jésus-Christ, après sa résurrection à Saint Pierre, sur le bord de la mer de Tibériade*. Ce tableau est aujourd'hui au musée de Rennes. Il copia en grisaille pour Mignard, au moment où il aspirait à épouser la fille de ce peintre, la coupole du Val-de-Grâce. Il fut aussi chargé de nombreux travaux pour le roi, à Versailles, à Trianon, à Meudon et à Fontainebleau. Il décora plusieurs églises de Paris, et peignit à fresque la chapelle de Saint-Grégoire des Invalides qui a été gravée par Cochin. Dans les dernières années de sa vie, le roi lui donna un logement à la manufacture des Gobelins, d'où lui est venu le surnom de *Corneille des Gobelins*. Nommé adjoint-à-professeur le 27 octobre 1673, professeur le 1er juillet 1690, en remplacement de Paillet, puis adjoint-à-recteur, il fut nommé conseiller ancien professeur le 2 décembre 1691. Nous devons noter une singulière particularité de la vie de Corneille l'Aîné. Son père lui avait enseigné de bonne heure à copier avec intelligence les dessins des grands maîtres, et il avait, depuis, conservé le goût de cette étude. Le célèbre amateur Jabach mit à profit cette disposition et l'occupa longtemps, ainsi que son frère Jean-Baptiste et d'autres jeunes gens, à reproduire aussi fidèlement que possible une partie des dessins de son admirable collection. Si l'on en croit Mariette, Jabach vendait ensuite ces copies comme des œuvres originales, Michel Corneille, dit l'*Aîné*, est mort aux Gobelins, le 16 août 1708.

* **CORNÉLIANE.** *T. de minér.* Espèce de cornaline d'un rouge clair ou gris rougeâtre.

CORNEMUSE. *Instr. de mus.* Instrument champêtre à vent, à peu près abandonné, composé d'une outre en peau de mouton à laquelle sont adaptés trois tuyaux différents ; l'un d'eux est percé de trous et se termine par une embouchure à anche ; les deux autres sont terminés en pavillon. C'est un instrument qui rend des sons aigus et qui met l'oreille à la torture. On le nomme aussi *biniou* ou *musette* selon les contrées.

CORNET. 1° *Instr. de mus.* Sorte de petit cor rustique. || 2° Jeu d'orgue composé de quatre tuyaux qui résonnent à la fois sur chaque touche ; on les accorde à l'octave, à la double quinte et à la triple tierce. || 3° Trompe grossière faite d'une corne de bœuf, avec la même forme en terre cuite ou en métal, et qu'on nomme *cornet à bouquin*. || 4° *Cornet à pistons.* Trompette d'harmonie munie de pistons qui tiennent lieu de clefs, et dont on fait un grand usage dans la musique moderne, aussi lui consacrons-nous un chapitre spécial. || 5° *T. techn. Cornet acoustique.* Instrument en forme de conque, et qui a pour but de concentrer les ondes sonores dans l'oreille des personnes atteintes de surdité. — V. Acoustique, § *Cornet acoustique.* || 6° *Cornet d'essai.* Chez les essayeurs de matière d'or, lame qui résulte de l'aplatissage du bouton d'essai obtenu à la coupelle, lequel est laminé et réduit à une feuille très mince roulée sur elle-même, et soumise à l'opération du départ qui achève de déterminer exactement le titre de l'or. || 7° *T. de céram.* Vase d'ornement, en faïence ou en porcelaine, dont le haut a quelque analogie de forme avec la partie la plus large d'une corne d'abondance. || 8° *T. de pap.* Sorte de papier à lettres, mince et lisse qu'on nomme *grand cornet* et *petit cornet* selon le format.

CORNET A PISTON. Instrument à vent, en cuivre et à embouchure ; c'est une transformation de l'ancien cornet de poste, auquel on a adapté d'abord deux, puis trois pistons qui permettent de compléter les sept positions avec lesquelles on obtient une échelle chromatique d'une étendue de deux octaves et demi, c'est-à-dire du *fa-dièze* grave jusqu'au *contre-ut* aigu. Le cornet à piston (fig. 492) est un instrument d'une sonorité puissante, d'un timbre mélodieux, mais qui exige beaucoup de virtuosité pour atteindre la souplesse et le brio. On ne cite, d'ailleurs, que peu d'artistes qui aient su triompher des difficultés qu'il offre à l'exécutant : le premier fut Dufresne, puis Forestier, Kœnig, Schlottmann, et enfin Arban, dont la belle méthode a créé l'école moderne, et conduit à l'institution, au Conservatoire de musique, d'une classe spéciale de cornet (décret de 1857). Cette classe a été confiée à M. Arban, qui en est toujours le sympathique professeur.

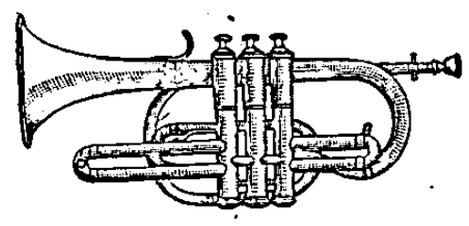


Fig. 492. — *Cornet à piston.*

* **CORNETIER.** *T. de mét.* Ouvrier qui prépare et façonne la corne.

CORNETTE. Ce mot, qui s'employait autrefois comme synonyme de *chaperon*, sert à désigner aujourd'hui une sorte de coiffe négligée que portent les femmes, et plus particulièrement la coiffure des religieuses de divers ordres. || *T. de constr.* Ferrement qui protège un coin de mur.

* **CORNEUX, EUSE.** *T. techn.* Se dit des cuirs ou peaux dont un mauvais tannage produit des parties aussi dures que la corne.

CORNICHE. Mot qui vient du grec χορωνις, faîte, sommet, couronnement. On peut définir la corniche, un corps saillant qui sert à couronner, à terminer un bâtiment quelconque. Par extension, on a appliqué ce nom aux saillies qui surmontent les prédestaux, les encadrements de portes, de croisées tant à l'intérieur qu'à l'extérieur d'un édifice. On a même ainsi, désigné les ornements composés de moulures qui règnent autour d'une pièce, aux angles formés par les murs et le plafond. Considérée comme couronnement d'un édifice, la corniche est un ensemble de plusieurs moulures en saillie, placées les unes au-dessus des autres, de manière que les plus hautes sont les plus avancées et les plus basses le sont le moins. Un de ses principaux usages est d'éloigner les eaux du pied de l'édifice ; chaque ordre distinct d'architecture a un genre de corniche particulier formant une des parties intégrantes de *l'entablement* et dont le style et les proportions obéissent, de même, à des règles fixes. D'une manière générale, on donne à la corniche une hauteur égale au 2/5 de celle de l'entablement et, de l'ordre le plus simple à l'ordre le plus complexe, du dorique au corinthien dans l'architecture grecque, du toscan au composite dans l'architecture romaine, la décoration de la corniche va s'enrichissant. Il n'y a pas de règle pour les corniches de couronnement d'un édifice qui n'a pas d'ordre déterminé. Dans ce cas, il faut tenir compte de deux éléments principaux : 1° la hauteur de l'édifice, qui sert à établir la proportion générale de la corniche ; 2° sa décoration, son caractère d'où découlent naturellement la manière de profiler, d'orner le couronnement. Quant à la matière dont les corniches sont faites, elle est très variée. Celles qui sont placées à l'extérieur sont de même matière que l'édifice ou les autres corps qu'elles couronnent ; les autres sont le plus souvent en bois profilé sculptées ou enrichies d'ornements rapportés de nature plastique, on les fait également en plâtre et quelquefois en marbre, selon la destination ou le caractère de la pièce qu'elles doivent orner.

Suivant la place qu'elles occupent ou la forme qu'elles affectent, on donne aux corniches différents noms. On appelle *corniche de couronnement* celle qui occupe le sommet d'une façade et sur laquelle pose l'égout ou le chéneau d'un comble ; *corniche mutilée*, celle dont la saillie est retranchée et coupée au droit du larmier ou réduite en plate-bande avec une cimaise ; *corniche en chanfrein* celle qui est la plus simple et n'a point de moulure ; *corniche continue* celle qui dans toute son étendue et ses retours, n'est interrompue par aucun corps et rentre dans elle-même ; *corniche coupée*, celle qui dans son développement se trouve interrompue par quelques corps ; *corniche circulaire*, celle qui est placée à l'intérieur ou à l'extérieur d'un tambour de coupole ; *corniche rampante*, celle qui termine un fronton ; *corniche de placard*, celle qui couronne la décoration d'une porte ou d'une croisée de menuiserie ou de marbre ; *corniche volante*, toute corniche de menuiserie chanfreinée par derrière et qui sert à couronner un lambris ou à soutenir un plafond.

CORNIER, IÈRE. 1° *T. de constr.* Poteau, pièce de bois, pilastre qui est placé à l'angle, à l'encoignure. || 2° Conduit en tuiles ou en plomb qui reçoit les eaux pluviales à la jointure de deux pentes du toit. || 3° *T. de typogr.* Pièces de fer appelées aussi *cantonnières*, qui dans la presse en bois, sont fixées aux angles du coffre et maintiennent la forme sur le marbre, à l'aide de coins qu'on enfonce entre elles et le châssis. || 4° *T. techn.* Ornement en équerre de certains meubles. || 5° Equerre de métal qui consolide l'angle d'un coffre. || 6° *Art hérald.* Meuble qui représente une anse ou une corne.

CORNIÈRE. *T. de mécan.* La cornière est un fer profilé à deux branches portant le nom d'*ailes*, et destiné à relier ou à assembler deux tôles, c'est

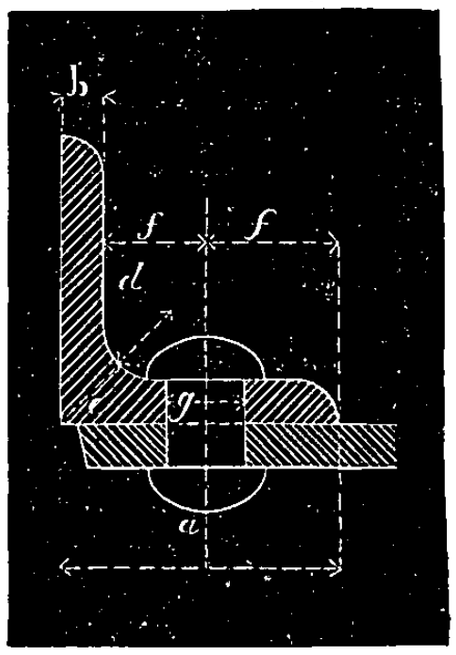


Fig 493. — *Dimensions relatives des cornières.*

le type de fer profilé le plus employé dans la construction métallique. Cet assemblage se fait le plus généralement à angle droit, mais on emploie

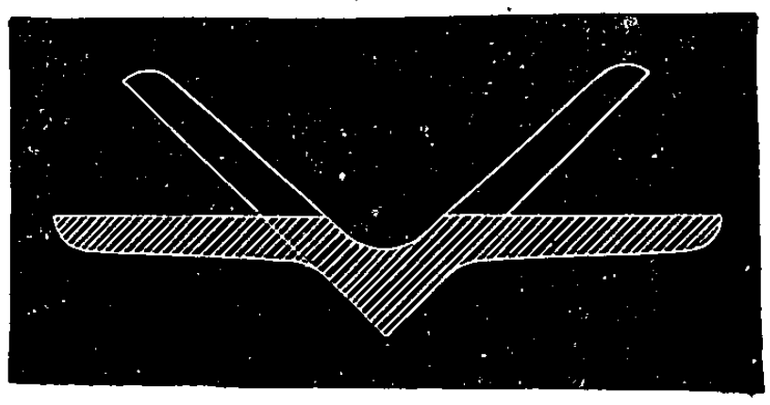


Fig. 494. — *Cornière laminée en fer plat.*

néanmoins quelquefois des cornières spéciales dont les angles varient suivant les destinations auxquelles elles doivent être appropriées.

Les dimensions des cornières (fig. 493) sont calculées suivant les épaisseurs des tôles qu'elles doivent relier et le tableau suivant donne les dimensions relatives des cornières le plus constamment employées dans l'industrie. La colonne *h* donne l'épaisseur de la tôle.

Rivures des cornières.

a	*b*	*c*	*d*	*f*	*g*	*h*
30m/m	4.5	9	7	12 3/4	8 à 10	2 à 3
40	6	13	10	17	10 à 12	3 à 5
50	7	15	11	21.5	12 à 15	4
60	8	17	11	26	15 à 18	6 à 8
70	10	21 à 22	18	30	18 à 20	8 à 10
80	12	25 à 27	25	34	20	10 à 15
90	14	30	26	38	20	10 à 15

Le laminage de ces fers spéciaux présentant un certain intérêt, nous allons en exposer brièvement les modes de fabrication ordinairement suivis, d'après des renseignements extraits de l'*Annuaire de la Société des anciens élèves des arts et mé-*

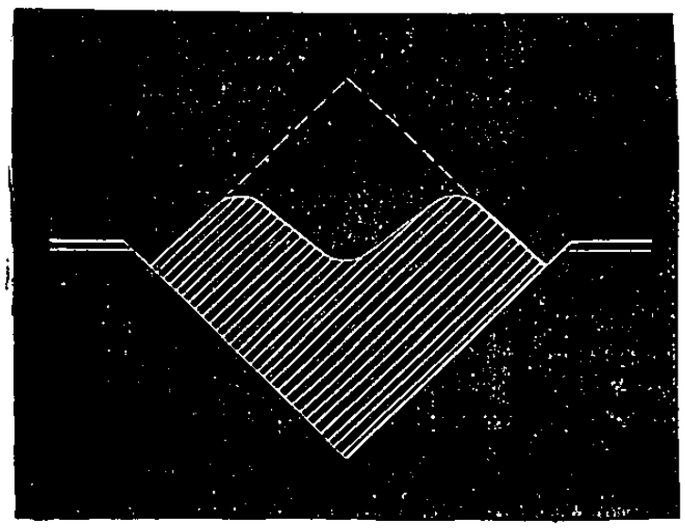


Fig. 495. — *Cornière à ailes égales, laminée, dans un dégrossisseur à cannelures ogivales*

tiers 1879. L'ébauchage des cornières se fait de trois manières différentes.

La première méthode qui consiste à former l'angle droit, soit au laminoir universel, soit dans des ébaucheurs spéciaux ainsi que l'indique la

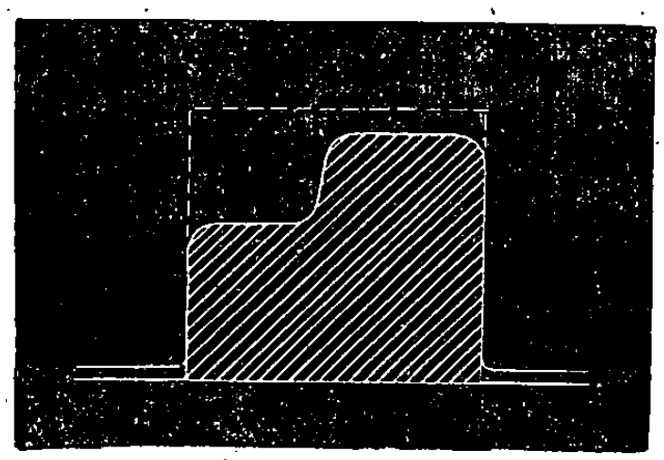


Fig. 496. — *Cornière à ailes inégales, passée au dégrossisseur à cannelures ogivales.*

figure 494 n'est guère employée que pour les cornières de grandes dimensions. Ce laminage se rapproche beaucoup de celui des fers plats, et il suffit dans les passages aux cannelures finisseuses de replier les ailes suivant les angles voulus pour avoir le profil définitif.

Dans la seconde méthode le paquet est d'abord passé aux dégrossisseurs ayant des cannelures à ogives, puis terminé, souvent dans la même chaude, dans des cannelures d'une autre paire de cylindres ébaucheurs et finisseurs.

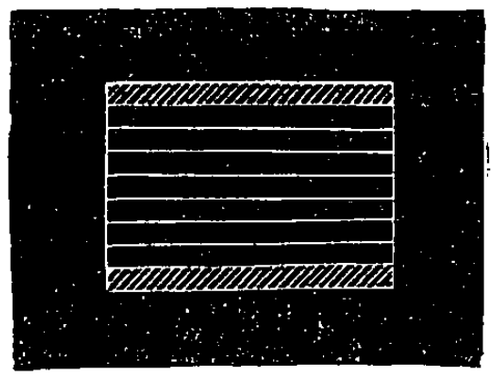


Fig. 497. — *Paquet initial pour le laminage des cornières dans les conditions indiquées, fig. 495 et 496.*

Par ce procédé, l'angle droit est formé, comme l'indique la figure 495, par l'un des angles de l'ogive lorsque les ailes de la cornière sont égales, tandis que ce même angle droit est fourni par un des angles du rectangle (fig. 496), lorsque la cornière doit avoir des ailes inégales.

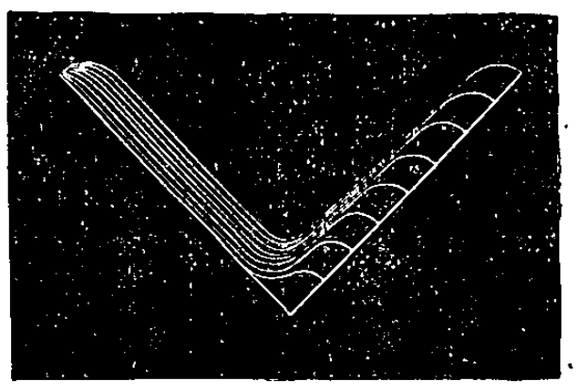


Fig. 498. — *Disposition des lignes de soudure du paquet de la figure précédente dans le laminage en ogive.*

Il y aura lieu, toutefois, de remarquer que dans ce dernier procédé de laminage il se présente un genre de défaut dû à la résistance inégale des ailes par suite de la disposition des lignes de soudure, comme le montrent les croquis (fig. 497 et 498).

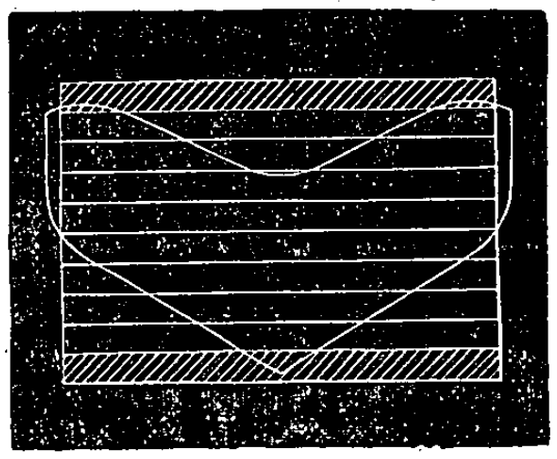


Fig. 499. — *Paquet initial donnant la forme définitive de la cornière dans le laminage à plat.*

Enfin, la troisième méthode consiste à faire venir le sommet du milieu sur l'un des côtés du paquet dégrossi, le plus généralement sous la forme rectangulaire (fig. 499). Ce procédé, qui peut être assimilé au laminage des fers plats accolés sous un angle quelconque par leur épaisseur, a l'avantage de donner des lignes de soudure

parallèles aux faces extérieures de chacune des ailes et d'assurer ainsi une résistance plus considérable. (fig. 500.)

Nous complétons ces indications en donnant dans les deux figures 501 et 502 une vue complète

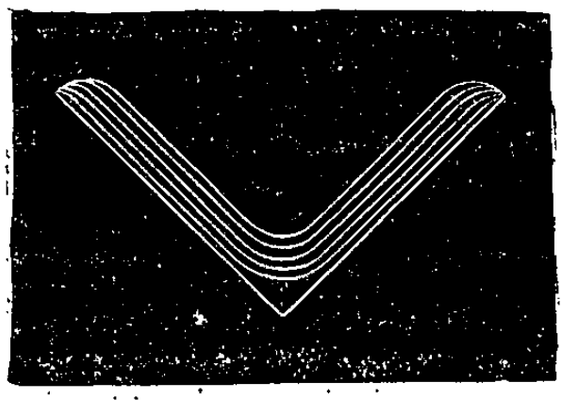


Fig. 500. — *Disposition des lignes de soudure dans le laminage à plat.*

de toutes les cannelures servant au laminage d'un type donné de cornière. La figure 497 donne tous les tracés intermédiaires du laminage en ogive, depuis le paquet initial de la figure 501 qui est présenté dans la position indiquée par le tracé n° 1 jusqu'au tracé définitif n° 7 en passant par les tracés n° 2 à 6. La figure 502 donne le tracé et les dimensions des cannelures d'un cylindre finisseur pour cornières à ailes égales de 30 et de 25$^{m}/_{m}$.

La bonne exécution des angles exige que l'on emploie du fer de bonne qualité, surtout pour les couvertes des paquets qui sont ordinairement en fer corroyé à nerf.

La production des cornières à ailes égales est plus facile que celle des cornières à ailes inégales, parce que ces barres tendent à se jeter de côté à l'entrée ou à la sortie des cylindres par suite de l'inégalité des pressions latérales exercées sur les ailes, aussi il est indispensable d'avoir un guidage spécial à l'entrée et à la sortie des fers entre les cylindres lamineurs. Les défauts que l'on rencontre le plus souvent dans la fabrication des cornières sont : 1° des angles mal formés ou présentant des bavures aux extrémités des ailes ; 2° des criques à l'extrémité de ces ailes ; 3° l'angle droit criqué ou insuffisamment formé. Les angles mal formés ou présentant des bavures aux ailes se corrigent le plus souvent en modifiant la tempéra-

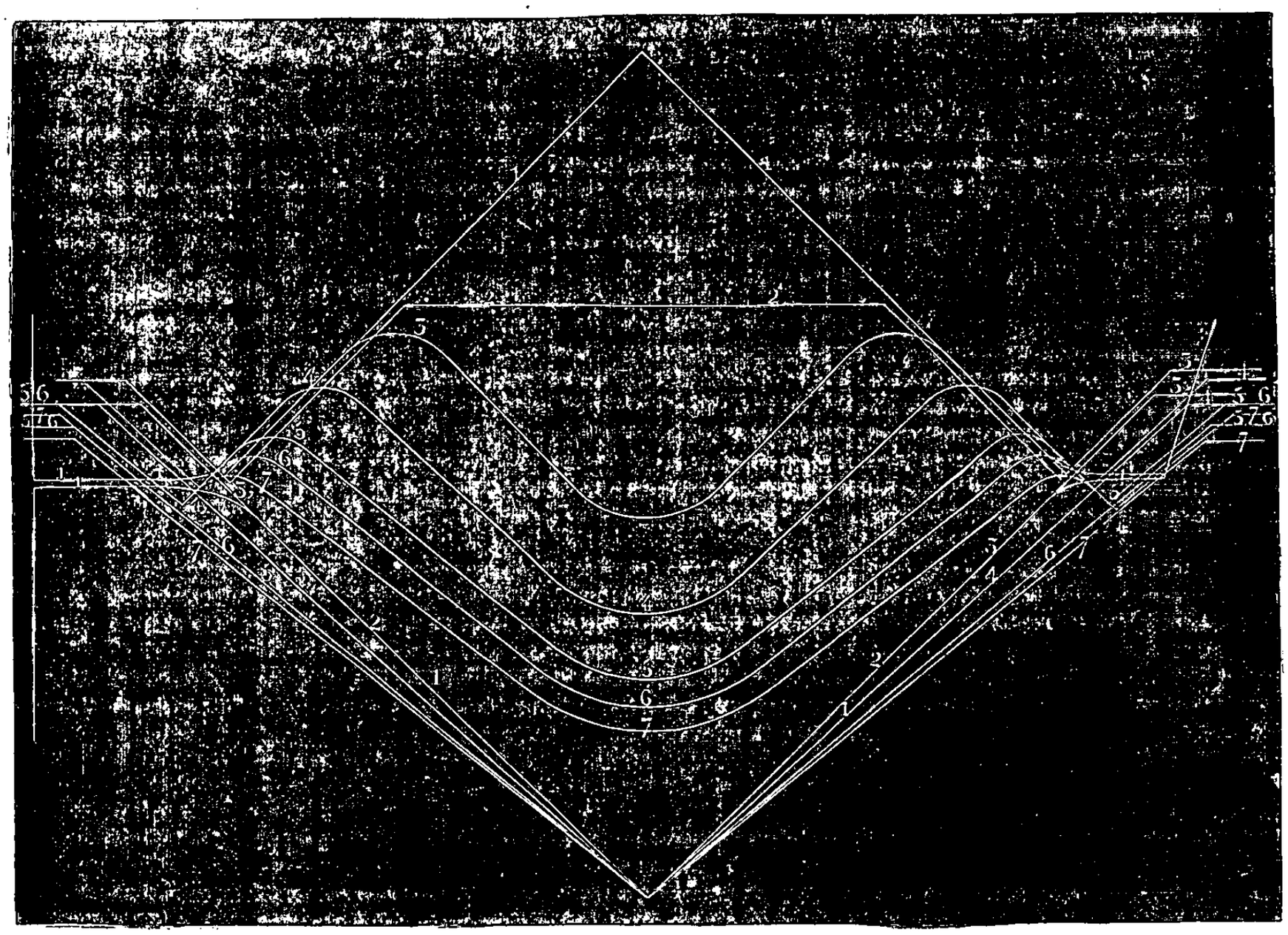


Fig. 501. — *Disposition des cannelures intermédiaires dans le laminage en ogive d'une cornière conforme au tracé de la figure 495.*

ture du laminage, en la diminuant pour remplir les angles par l'élargissement du fer, en l'augmentant pour éviter les bavures. Mais si cela ne suffisait pas pour assurer la formation des angles, il faudrait alors donner plus de fer dans la cannelure précédente, en agrandissant celle-ci dans la partie correspondante au manque de fer dans la cannelure suivante. Les criques aux extrémités des ailes s'évitent en retirant du métal dans la cannelure précédente dans la partie où se produisent les criques, afin d'obtenir plus de fer pour le remplissage de ces extrémités dans la cannelure suivante. Si ce procédé n'était pas suffisant, il faudrait alors modifier la qualité du fer dans la par-

tie du paquet correspondant aux extrémités des ailes. Les criques dans le congé de l'angle droit s'évitent, en retirant du métal dans le cylindre mâle dans cet endroit, afin d'obtenir plus de fer pour la formation et le remplissage de l'angle droit ou diminuer l'allongement produit en donnant plus de section aux ailes dans le passage où se forment les criques. Les cornières se cintrent au refroidissement en raison du retrait inégal des ailes, et par suite, il est bon, pour éviter d'avoir à les dresser à froid, de leur donner sur une table convexe une courbure inverse à celle que le retrait leur fait prendre.

On ne s'attache pas pour les cornières à obtenir exactement les dimensions indiquées et on observe habituellement, surtout sur l'épaisseur, une tolé-

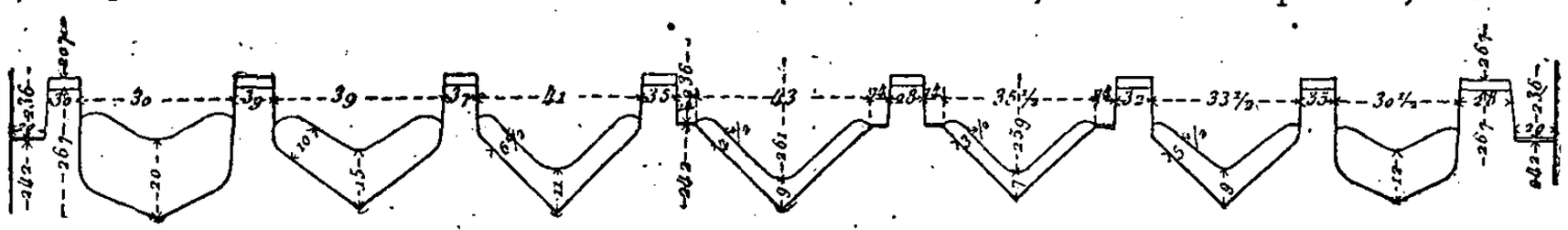


Fig. 502. — *Cannelures d'un cylindre finisseur pour cornières à ailes égales de 30 et 25^{m}/^{m}.*

rance assez forte qui est imposée par l'usure des cylindres lamineurs. Cette tolérance ne présente d'ailleurs aucun inconvénient pour la plupart des usages auxquels les cornières sont destinées: Pour certaines constructions mécaniques cependant, on est parfois plus exigeant, on demande que les ailes soient bien d'équerre et conservent exactement les dimensions demandées ; mais c'est là un cas exceptionnel, et habituellement la cornière est considérée comme un produit commercial dont les dimensions ne sont pas nécessairement d'une rigoureuse exactitude.

On ne fait pas non plus d'essai dans le commerce pour reconnaître la qualité du métal, d'autant plus que les cornières n'ont habituellement pas d'autre travail de forge à supporter que celui de l'assemblage. La marine française qui exécute d'importantes constructions mécaniques, et, à son exemple, la plupart des compagnies de chemins de fer, imposent aujourd'hui néanmoins certaines conditions pour la recette des cornières, afin de s'assurer que le métal est résistant et facile à travailler.

Dans sa circulaire du 17 février 1868, le ministre de la marine distingue deux types de cornières en fer : les quantités ordinaire et supérieure, et il précise les conditions d'essai à imposer à chacune d'elles. Pour les cornières ordinaires, la circulaire demande que les fers se soudent bien à chaud, que les ailes puissent être ouvertes à 135° ou fermées à 45° sans présenter aucune fente ou gerçure. En outre, on doit pouvoir exécuter sur un bout de la cornière un manchon cylindrique d'un diamètre intérieur égal à cinq fois la largeur de l'aile formant rebord plan du manchon. Enfin, dans les essais à la traction, la rupture ne doit pas se produire sous un effort inférieur à 34 kilogrammes par millimètre carré, avec un allongement moindre de 9 0/0 sur 200 millimètres. Pour les cornières de qualité supérieure les ailes devront pouvoir s'ouvrir ou se fermer complètement sans présenter aucune gerçure, et le diamètre du manchon cylindrique devra être égal à deux fois et demie la largeur de la lame restée plane. A l'essai à la traction, la charge de rupture moyenne ne devra pas être inférieure à 35 kilogrammes et l'allongement, à 12 0/0.

Les conditions de recette des cornières en acier ont été déterminées par la circulaire du 11 mai 1876. La charge de rupture imposée est de 48 kilogrammes par millimètre carré, et l'allongement varie de 18 à 22 0/0 suivant l'épaisseur des lames, de 3 à 25 millimètres. Toutefois, on paraît disposé actuellement à demander un métal un peu plus doux ayant moins de résistance et plus d'allongement. Les essais à chaud imposés diffèrent peu de ceux des cornières en fer de qualité supérieure et témoignent que le métal doit être aussi malléable, tout en présentant une résistance beaucoup plus considérable. On effectue, enfin, certains essais pour reconnaître, si le métal n'est pas trop dur et peut encore se travailler après la trempe ; on sait d'ailleurs que, avec les progrès réalisés dans la préparation du métal fondu, cette condition n'implique aujourd'hui aucune difficulté spéciale, car les forges peuvent arriver à préparer exactement la nature d'acier exigée pour une application déterminée.

Les cornières, comme tous les fers profilés, étaient autrefois fabriqués exclusivement en fer; mais on commence déjà, depuis une dizaine d'années environ, à les préparer aussi en acier fondu, et il y a tout lieu de penser que lorsqu'on en aura acquis l'habitude, cette application est appelée à se généraliser de plus en plus. On obtient, en effet, avec l'acier une résistance bien supérieure à celle du fer (de 34 à 48 kilogrammes) ce qui permet de réduire le poids du métal employé, et on peut le travailler aussi sûrement, à condition d'y apporter toutefois les précautions nécessaires. Nous avons déjà parlé de ce sujet à l'article CHAUDRONNERIE, en résumant les conclusions des études de M. Barba sur l'application de l'acier dans les constructions. Il faut éviter tout choc brusque, capable d'aigrir le métal, avoir soin de percer les trous au foret, de ne soumettre toujours la pièce qu'à des efforts de déformation convenablement gradués et sans choc, chauffer toujours régulièrement pour ne pas détruire l'homogénéité de la pièce, ce qui pourrait entraîner des inégalités de tension, capables de déterminer plus tard une rupture.

On trouve dans le commerce des cornières de toutes dimensions, de poids variant depuis 0^{k},500 jusqu'à 35 à 40 kilogrammes le mètre. Pour les cornières les plus petites, la largeur de l'aile est d'un centimètre à un centimètre et demi, et l'épaisseur est de 3 millimètres environ. Pour

les grosses cornières, entrant dans les grandes charpentes métalliques, constructions de navires, etc., la largeur de l'aile peut atteindre 12 à 15 centimètres et l'épaisseur 2 à 3 centimètres. On fabrique également, en vue d'applications spéciales, des cornières à bras inégaux, ou dont l'ouverture angulaire diffère de 90° et peut varier de 45 à 135°.

Du reste, toutes les forges publient les dessins et indiquent les dimensions et les poids des cornières qu'elles peuvent fabriquer, souvent même elles calculent à l'avance, comme elles le font pour les fers à T, la résistance théorique de ces cornières considérées alors comme des poutres dont une des ailes serait placée horizontalement, et l'autre serait verticale. Disons, par exemple, qu'une cornière de 0,05 de largeur d'aile et de 0,005 d'épaisseur supporterait, en reposant librement sur deux appuis avec une portée d'un mètre, un poids uniformément réparti de 208 kilogrammes. Du reste, ces calculs ne présentent pas le même intérêt que pour les fers à T, car les cornières n'interviennent souvent dans les calculs de résistance qu'à un titre purement accessoire. — B.

* **CORNILLON.** *T. techn.* Nom de la substance qui se trouve dans la corne du bœuf, et qui sert à la fabrication de la gélatine.

CORNOUILLER. Genre d'arbres et d'arbrisseaux de la famille des cornacées dont le bois est très dur et susceptible d'un beau poli ; on en fait des cannes, des échelons, des ridelles, d'excellent charbon, etc. Le *cornouiller sanguin*, appelé aussi *bois punais*, est un arbuste à rameaux longs et droits, que l'on emploie pour faire des tuteurs, des liens et des ouvrages de vannerie ; on retire de ses baies une huile qu'on utilise pour l'éclairage, la fabrication du savon, etc. — V. Bois.

* **CORNU** (Sébastien-Melchior), naquit à Lyon en 1804. Il eut pour premiers maîtres MM. Richard et Bonnefond, puis il vint à Paris où il fréquenta l'atelier de M. Ingres. De 1832 à 1836 il voyagea en Italie et en Orient ; il se fixa définitivement à Paris à son retour. Ses principales œuvres, dont les premières ont figuré au Salon de 1833, sont : *Le repos du moissonneur ; le Pifferaro malade* ; *Louis XI faisant ses adieux à sa mère* (1838) ; *Jésus au milieu des docteurs* (1848) ; *les deux entrevues de Faust et de Marguerite* ; les portraits de *Jacques Arago*, du baron *Prony* et ceux de divers personnages orientaux, un *Christ en croix*, pour la salle des assises de Poitiers ; l'*Invention d'une statue de la vierge* (1857) ; la *Reddition d'Ascalon à Baudoin III*, et le *Combat d'Oued-Halleg*, qui sont au musée de Versailles ; une *Bacchanale*, au musée de Grenoble ; la *Vision d'un Turc*, au musée de Valenciennes.

Sébastien Cornu travaillait, entre temps, à la décoration de plusieurs églises. Il a peint dans la chapelle des Duguesclin, à Saint-Laurent-du-Puy, *Sainte-Anne instruisant la Vierge* ; à Paris, Saint-Séverin possède plusieurs fresques de lui, et il a achevé la décoration de Saint-Germain-des-Prés interrompue par la mort de Flandrin, enfin il a exécuté sur faïence émaillée les peintures qui couvrent le tympan de l'église de Saint-Leu-Taverny et qui représentent *Jésus, Saint-Leu et Saint-Egidius* et la *Vierge consolatrice des affligés ;* ces trois dernières peintures figurèrent à l'exposition universelle de 1855. Une 3e médaille en 1838, une 2e médaille en 1841, une 1re médaille en 1845, étaient venues consacrer la réputation de Sébastien Cornu qui fut décoré en 1859 et promu officier de la Légion d'honneur en 1862.

En 1834, Sébastien Cornu avait épousé Mlle Hortense Lacroix, sœur de l'architecte E. Lacroix, filleule de la reine Hortense et sœur de lait de l'empereur Napoléon III. Il est mort au mois d'octobre 1870.

CORNUE. Nom donné aux vases, primitivement de forme allongée, qui servent à opérer des distillations, et étendu par extension aux récipients cylindriques ou elliptiques destinés au même usage.

Cornues des laboratoires. Dans les manipulations chimiques des laboratoires, on se sert couramment de vases en forme de poire à goulot étranglé très allongé, et recourbés sur eux-mêmes, qu'on désigne sous le nom de *cornue*, soit pour distiller les liquides, soit pour la production des substances gazeuzes, par la réaction mutuelle de diverses matières sous l'action de la chaleur. La forme allongée et étranglée du goulot permet de conduire facilement les produits de l'opération dans les récipients où on les recueille. Ces cornues sont le plus souvent en verre, obtenues par le soufflage à la canne. Ces cornues sont à simple ou double tubulure. Cette seconde tubulure, consistant en un goulot de bouteille, est rapportée après coup à la lampe sur la cornue, elle sert soit à l'introduction de nouvelles substances au cours de l'opération, soit à disposer des tubes de sûreté pour éviter l'explosion du vase en cas d'obstruction dans le col allongé. On en emploie également en terre réfractaire de Hesse, analogue aux creusets de même nom, lorsque l'on doit les soumettre à des températures auxquelles le verre ne pourrait résister sans se fondre. Enfin bien que rarement, on en emploie pour des cas spéciaux, en métal et en particulier en platine, établies par le martelage.

Cornues pour la fabrication du gaz d'éclairage. Parmi les divers vases employés dans l'industrie aux opérations de distillation, on peut distinguer les *alambics* (V. ce mot), qui sont des sortes de cornues, et celles qui servent à la distillation de la houille dans la fabrication du gaz d'éclairage. Nous ne nous occuperons ici que de ces dernières.

Pendant longtemps on ne s'est servi que des cornues en fonte, auxquelles on donnait la forme d'un D renversé, on leur a généralement substitué des cornues en terre réfractaire qui ont l'avantage de ne pas se déformer, et qui ont pu recevoir des sections plus aplaties. Les dimensions sont assez variables. Celles dans lesquelles on distille le boghead ont $0^m,110$ de hauteur, $0^m,480$ de largeur et $1^m,400$ de long, mais en général les dimensions courantes sont les suivantes :

Largeur dans œuvre.	0m,50 à 0m,64
Hauteur.	0m,30 à 0m,45
Longueur.	2m,20 à 2m,90
Epaisseur.	0m,05 à 0m,06

Ces cornues ont pour section, comme nous l'avons dit, un D renversé, plus ou moins modifié. L'une des extrémités de la cornue est librement ouverte, et on pose sur elle un bracelet en fonte qui déborde intérieurement et extérieure-

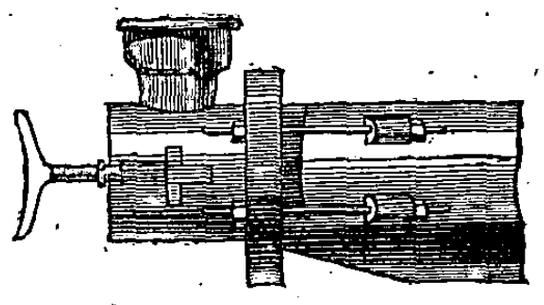


Fig. 503. — *Cornue à gaz. Elévation.*

ment. Sur cette première partie s'ajoute la tête, sorte de manchon, qui entre à frottement dans la cornue, ou qui à l'aide d'un rebord saillant vient s'appliquer contre l'anneau posé sur l'ouverture de la cornue. L'on ferme la tête en avant par un tampon mobile et elle porte au-dessus un ajutage

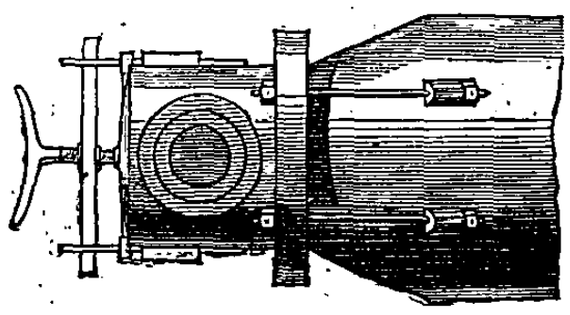


Fig. 504. — *Cornue à gaz. Plan.*

dans lequel s'engage le conduit d'expulsion du gaz dégagé pendant la distillation.

Les têtes de cornues sont en fonte, elles se relient aux corps au moyen de forts boulons, passant dans des oreilles tenues sur la cornue et traversant les deux collets appliqués à la jonction, l'un venu de fonte avec la tête, l'autre posé sur le corps ainsi que le montre les figures 503 à 505. Les joints se font avec un mastic infusible.

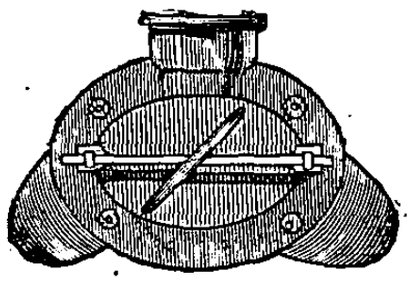


Fig. 505. — *Cornue à gaz. Vue en bout.*

Pour les cornues en fonte, on compose un mastic, de 98 parties de limaille de fer, 1 partie de fleur de soufre et de 1 de sel ammoniac, le tout mélangé à sec, puis délayé dans l'eau à consistance de mortier. On ne le prépare pas d'avance. On serre les boulons avant la prise du mastic. Pour les cornues en terre : 2 parties d'argile ferrugineuse, 2 de limaille de fer, 1/2 de fleur de soufre, et 1/4 de sel ammoniacal, qu'on triture à l'eau ammoniacale ou encore d'urine.

L'obturateur qui ferme l'appareil, est le plus souvent formé par une plaque de tôle bombée, qu'on préfère aux obturateurs en fonte, quelquefois la plaque de tôle est armée d'un cadre et d'une traverse en fer. Leur mise en place s'obtient, ainsi que le montre la figure 505, à l'aide d'une vis de pression s'appuyant au centre de l'obturateur et passant dans une barre qui traverse deux oreillés montées sur les deux côtés de la tête. M. Smets a proposé d'établir, à l'aide d'une cloison horizontale, une division de la cornue en deux parties, pour forcer les gaz à en suivre toute la longueur avant de se dégager par la tubulure. La fabrication de ces pièces, tout en exigeant un matériel approprié, pour leur moulage et leur cuisson, n'offre aucune particularité spéciale, et rentre dans la fabrication ordinaire des poteries. Bien que la terre cuite soit généralement un peu poreuse, la couche de graphite qui se dépose sur les parois les rend rapidement étanches.

* **COROJO**. Il nous vient quelquefois sous ce nom, en Europe, une matière textile ressemblant au *coir* (V. ce mot), et fournie comme lui par un palmier, le *cocos urispa*, qui croît en abondance dans l'île de Cuba, où on l'emploie pour la corderie.

* **CORONS**. On désigne sous ce nom, dans le nord de la France et en Belgique, des groupes d'habitations ouvrières bâties par les compagnies de mines, et louées à leurs ouvriers. Ces habitations, presque toujours accompagnées de jardins, sont quelquefois formées de maisons isolées pour 2 ou 4 familles, et quelquefois formées d'une suite de maisons contiguës, chacune pour une famille. Cette disposition, plus économique, est moins appréciée par les ouvriers. Le prix du loyer est en général très minime, au plus 2 0/0 par an du prix de revient. Très souvent les mines fondent des prix pour les habitations qui sont le mieux tenues et pour les jardins qui sont le mieux aménagés. Ces habitations ont en général une apparence de gaieté et de bien-être qui contraste avec l'aspect des villages voisins. On peut citer comme un type de corons bien aménagés le village des Brebis, fondé par la compagnie de Bully-Grenay.

* **CORONIS**. *Myth.* Nommée aussi *Arsinoé*, fille de Phlégyas. Apollon l'aima et la rendit mère d'Esculape. Le dieu informé qu'elle lui était infidèle avec Ischis, la tua en lui perçant le sein avec une de ses flèches. Simart a représenté Coronis mourante et cherchant à arracher le trait de sa blessure.

* **COROT** (JEAN-BAPTISTE-CAMILLE) naquit à Paris le 26 juillet 1796. Son père était employé, sa mère marchande de modes. Il traversa plutôt qu'il ne suivit le grand chemin de l'éducation universitaire. Après un séjour de courte durée au lycée de Rouen, il fut rappelé à Paris et placé chez un marchand de drap de la rue Saint-Honoré nommé Delalain. L'épreuve se prolongea pendant de longues années ; elle fut sérieuse et concluante : Corot ne devait pas être marchand drapier. Il avait 25 ans, lorsqu'en 1822 il jeta l'aune pour prendre l'appuie-main du peintre. Un jeune homme, Parisien comme lui et de trois mois son cadet, qui revenait

de Rome, déjà célèbre, premier pensionnaire du prix de paysage historique (fondé en 1817), Achille-Etna Michallon, lui mit la palette au pouce. Mais l'auteur de *Roland à Roncevaux*, du *Combat des Centaures et des Lapithes* et du *Paysage* « inspiré de la vue de Frascati », exposé au Salon de 1822 et appartenant au Louvre aujourd'hui, mourut cette même année, au mois de septembre. Victor Bertin, le maître de Michallon, reçut alors Corot dans son atelier. Personne ne s'entendait mieux que V. Bertin à modeler un paysage selon les règles les plus pures du vieux Valenciennes, le restaurateur du paysage historique à la fin du siècle dernier.

En 1826, Corot partit pour Rome. L'année suivante, deux de ses tableaux étaient envoyés par lui et reçus au Salon.

De ses origines académiques, Corot n'a jamais rien renié. Il a jusqu'à son dernier jour conservé le culte du paysage composé, animé par la présence de figures dites historiques : Muses, Nymphes, Bergers virgiliens, Faunes, Silènes, Dianes, Amours, Divinités bocagères. Et pourtant Corot est un des maîtres qui ont exercé la plus puissante et la plus haute action sur le courant naturaliste du paysage moderne. Phénomène singulier, réel cependant et que nous ne pouvons qu'indiquer ici, parce qu'il faudrait plus de place que celle dont nous disposons pour le démontrer : les paysages de Corot — qu'ils appartiennent au genre historique ou qu'ils soient plus modestement intitulés : *Souvenirs* de Ville-d'Avray, Ablon, Villeneuve-Saint-Georges, du Limousin, de Normandie, de Bretagne, du Morbihan, de Picardie, du Dauphiné, etc. — sont des paysages purement imaginaires et décoratifs. Personne n'en a jamais vu de semblables dans la réalité. Et malgré cela, nul ne fait passer avec plus de certitude l'impression de la réalité dans nos yeux, l'émotion de la nature dans nos âmes.

Paul Huet a rendu la poésie des grands drames atmosphériques, des éléments en furie, des ciels et des eaux. Théodore Rousseau a traduit la poésie mâle, grave, sévère, de la terre vigoureuse et des végétations robustes. Millet a dit la poésie sobre, forte, triste, de la terre en son labeur et de son serf, le paysan. Corot, lui, a chanté la poésie délicieuse, vague, toute musicale, des grâces, des tendresses, des douceurs idylliques de la nature. En sa longue vie, il a eu le temps de devenir non un artiste, — il l'a toujours été, — mais un peintre.

Pendant longtemps, il ne fut guère qu'un élève de Victor Bertin, minutieux et sec. Ce n'est que vers 1848 que le peintre véritablement peintre s'affirme et de plus en plus s'accentue. Mais depuis, que de chefs-d'œuvre ! *Saint-Sébastien*, *Dante et Virgile*, *Macbeth; Macbeth* surtout, pour ne citer que les plus illustres.

Avant toute chose, Corot se préoccupa de la profondeur. Dans cette profondeur, il dispose quelques légères masses d'arbres noyées dans l'air, baignées dans la lumière. Il étage, à travers ces plans larges et espacés, l'ampleur savante des formes naturelles, le mouvement de la vie, la grâce indicible des matins et des soirs, les mélancolies des crépuscules, les aurores amoureuses et les premières et rêveuses étoiles, les nacres des matins humides, les aubes laiteuses sur les étangs frais, les pâleurs pourprées et les roses vapeurs des soirs languissants. Et dans ces milieux enchantés, il évoque d'immatérielles apparitions, des êtres vagues, aériens, impondérables, impalpables, un soufffe qui passe avec l'incertaine apparence d'un corps. — Est-ce une déesse ? — Est-ce une femme ? — Est-ce une âme ? Je ne sais. — C'est le charme, c'est la spiritualité de son œuvre d'art, à ce garçon drapier, à ce poète, à ce divin musicien, à cet admirable peintre.

Ce naturaliste exquis n'est donc pas un réaliste.

Corot était adorablement bon. Il n'a jamais voulu recevoir un sou de ses élèves. Il a obligé tous ceux qui ont eu recours à son obligeance. Il est allé, pour les alléger, au-devant de toutes les infortunes qui lui furent connues. On n'a pas oublié avec quelle délicatesse il vint au secours d'un grand artiste malade et malheureux — l'illustre Daumier, si grand, encore méconnu — et ajouta 1,000 francs de rentes à la pension de 1,200 francs accordée par l'Etat à la famille de Millet. Il envoyait un tableau à toutes les ventes de charité. Il se laissait duper sans avoir l'air de s'apercevoir qu'on le dupait. Il estimait qu'on le payait toujours trop cher. (Il n'a vendu son premier tableau qu'à l'âge de quarante ans.)

Sur sa fin, il cédait si facilement à l'importunité des marchands, qu'ils lui ont arraché, de la sorte, trop d'œuvres informes, qui n'ont d'autre valeur que celle d'un autographe. Il y aura donc un choix à faire dans les innomblables tableaux signés *Corot* qui courent le monde.

Mais les beaux Corot sont inappréciables ; de 1827 à 1874, Corot a figuré à toutes les expositions officielles, sans en excepter une seule.

Ce que l'on sait moins, c'est que Corot a laissé un grand nombre de peintures décoratives, — et c'est par là qu'il appartient à la partie biographique du *Dictionnaire*. — Nous pouvons citer notamment son grand *Baptême du Christ*, à Saint-Nicolas-du-Chardonnet ; deux panneaux pour l'hôtel du prince Paul Demidoff, qui sont connus pour avoir passés en vente publique : l'un, *La Nuit* ; l'autre, *Hymne à la lumière* ; quatre pages improvisées à Fontainebleau, chez Decamps ; quelques peintures rurales, dans l'ancienne demeure de Léon Fleury, à Magny-les-Hameaux ; trois compositions au fusain, reproduites en peinture dans l'atelier de Daubigny, par Daubigny fils et Oudinot ; un paravent peint en collaboration par Corot, Daubigny et Armand Leleux ; deux grands panneaux peints pour M. Castagnet, à Montlhéry ; un autre pour la salle à manger de M. Chamouillet père, à Sèvres ; puis trois ovales en hauteur, au château de Gruyères, près Genève, chez M. Balland ; enfin le grand panneau qu'il avait peint vers 1847 pour la manufacture de Beauvais. Indépendamment de ces grandes pièces, Corot en a peint de très petites dimensions ; mais ce qui vaut la peine d'être cité, ce sont deux charmants écrans

à main, commandés à Corot par Duvelleroy pour l'exposition universelle de 1867. Citons encore six motifs pour une salle de bains à Mantes; des peintures dans les églises de Rosny et de Ville-d'Avray, où il possédait une maison de campagne, qu'il avait également décorée de peintures, enlevées, depuis sa mort, par le nouveau propriétaires, l'excellent éditeur A. Lemaire.

Corot fut décoré en 1846 et nommé officier de la Légion d'honneur en 1867.

S'il fut parmi les peintres de paysage, un artiste qui aurait dû, semble-t-il, trouver grâce devant l'Institut, assurément c'est Corot; mais Corot — pas plus que Millet, pas plus que Troyon, pas plus que Paul Huet, pas plus qu'un seul des grands paysagistes de ce siècle, — ne fut appelé par l'Académie des Beaux-Arts à honorer l'Institut de sa présence. — E. CH.

***COROZO** ou **CORROZO**. Le corozo ou *ivoire végétal* est tiré des graines du phythélephas à gros fruits *Phythélephas macrocarpa*, R. *Elephantum macrocarpa*, Wild, petit palmier de l'Amérique méridionale. Au Pérou, les indigènes le nomment *tagua* et *cabezo de negro* (tête de nègre). Ses noix désignées sous le nom de *noix de Tagua* ou *marrons de coco* sont contenues au nombre de quatre dans un gros fruit hérissé. Elles sont irrégulièrement ovoïdes et présentent trois faces reliées par des angles arrondis. De ces 3 faces, l'une est convexe, tandis que les deux autres sont planes ou légèrement excavées. Elles mesurent 4 à 5 centimètres sur 3 à 4 et se composent d'un tégument externe blanc jaunâtre, dur, cassant, épais de 1 millimètre, d'un tégument interne brun, sillonné de nombreux vaisseaux et d'un albumen d'abord laiteux et comestible, qui s'organise ensuite en cellules dont les parois deviennent tellement épaisses que son tissu prend la consistance, l'aspect et le poli de l'ivoire.

Ces graines arrivent en Angleterre et en Belgique en quantités assez considérables, le 100 ne coûte plus que 3 fr. 50 à 4 francs; on travaille le corozo au tour et on en fait une foule d'objets élégants qui sont vendus pour de l'ivoire animal. En France et en Allemagne, il y a de nombreuses manufactures de boutons qui emploient presque exclusivement le corozo. On est parvenu à colorer de beaucoup de nuances, cette cellulose éburnacée, ce qui permet d'en varier les produits.

On distingue facilement l'ivoire animal du corozo, par le moyen dû à M. Pasquier, de Liège. L'acide sulfurique concentré développe au bout de 10 à 15 minutes sur l'ivoire végétal une teinte rose qu'un simple lavage à l'eau fait disparaître, tandis qu'il ne produit aucune coloration sur l'ivoire animal. — J. D.

CORPORATIONS OUVRIÈRES ou **RÉGIME CORPORATIF**. Le principe d'association, qui a civilisé l'humanité, constitue, par le fait de son application à l'industrie humaine, une des phases les plus importantes de l'histoire du travail. Dans les âges préhistoriques, l'homme était seul à briser ou à polir les silex, à durcir les branches d'arbre pour en former des épieux, à y fixer des fragments d'os ou d'arêtes pour obtenir des flèches ou des lignes à pêche, et cette fabrication grossière, fruit d'un travail purement individuel, suffisait amplement à ses besoins. Les sauvages de la Polynésie, qui en sont à la même période du développement humain, travaillent isolément dans des conditions absolument identiques. Des siècles nombreux se sont écoulés avant que l'homme primitif eut la pensée d'associer ses efforts à ceux de son voisin, pour diminuer son labeur ou améliorer les produits de son travail; l'individualisme est resté sa loi jusqu'au moment où les progrès de la civilisation, en augmentant la somme des besoins humains, lui ont fait comprendre la nécessité de s'unir à ses semblables, pour leur donner satisfaction.

Mais, comme la violence apparaît au début de toutes les sociétés humaines, comme la loi du plus fort a toujours été appliquée aux faibles, le travail servile a dû être la première forme qu'ait revêtue l'industrie collective; et, de fait, nous voyons dans l'extrême Orient, dans l'Inde, en Palestine, en Asie Mineure, en Grèce, à Rome, chez tous les peuples qui ont une histoire, les serviteurs, ou les esclaves, travailler ensemble dans la demeure de leur maître et pour lui seul. Il en a été de même dans les sociétés modernes qui se sont formées avec les populations indigènes, l'élément barbare et les débris du monde romain. L'époque mérovingienne nous offre partout le spectacle des ouvriers serfs travaillant ensemble dans les cours, dans les manoirs, dans les abbayes, et confectionnant, pour leur seigneur, tout ce qui était nécessaire à l'entretien de sa maison.

Le régime industriel de l'ancienne Gaule — pour restreindre cette étude rétrospective aux limites de notre pays — est très imparfaitement connu, et ne le sera probablement jamais assez pour permettre aux historiens du travail d'affirmer quelque chose à cet égard. On peut simplement induire, de l'état fédératif où se trouvaient les Gaulois au moment de la conquête romaine, une sorte de présomption en faveur du travail collectif; un peuple qui se syndiquait politiquement, pour résister à l'ennemi, devait se grouper volontiers en associations de travailleurs. Les *Ghildes* germaniques, ou sociétés de protection, dont il est question huit siècles plus tard, dans les *Capitulaires*, témoignent de l'antiquité du principe d'association appliqué au travail, en deçà comme au delà du Rhin.

Ce qui est historiquement certain, c'est que les Romains, vainqueurs de la Gaule, y introduisirent la corporation ouvrière, avec leurs autres institutions. Elle y fut reçue sans difficulté, probablement parce qu'il existait, dans les traditions et les mœurs du pays, quelque chose d'analogue.

Les *Nautes* de la Seine, de la Loire, du Rhône, par exemple, durent se constituer d'autant plus facilement en associations sous le régime gallo-romain, qu'ils faisaient déjà le commerce par eau, antérieurement à la conquête. Dans les villes devenues municipes, la même transformation s'opéra; Raynouard, en son *Histoire du droit municipal*, et Amédée Thierry (*Constitution communale d'Amiens*), établissent qu'il existait une nombreuse population d'ouvriers urbains, fils de travailleurs gaulois, formant « une classe » de citoyens; ce qui implique une certaine solidarité et la préexistence d'un état antérieur.

Cette organisation du travail libre s'abima dans l'effondrement de la société gallo-romaine, à la suite de l'invasion des Barbares; mais les « collèges » d'ouvriers laissèrent des traces dans les souvenirs. Réduits en servage, les travailleurs de l'ordre industriel et artistique continuèrent, comme nous l'avons dit plus haut, à « œuvrer » pour les nouveaux possesseurs du sol, et leurs services furent fort appréciés, puisque les polyptiques et les cartulaires, qui nous ont transmis le prix de vente de ces serfs, le font ressortir à 2,250 francs environ de notre monnaie.

L'état de sujétion protégée, où vivait le travailleur en servage, sauva le travail pendant cette difficile période et

prépara le retour au régime de la corporation. La liberté individuelle, alors même qu'on l'eut accordée à l'ouvrier serf n'eut point été pour lui l'indépendance, et encore moins la sécurité; elle l'aurait, au contraire, laissé faible, dépourvu, exposé à tous les genres d'attaque. En dehors de l'ancien régime corporatif gaulois et gallo-romain, dont il était peut-être le continuateur inconscient, l'artisan aurait été certainement plus taillable et plus corvéable que le travailleur agricole, attaché à la glèbe, mais protégé, dans une certaine mesure, par son seigneur. Seul, au milieu d'un monde universellement hiérarchisé, sans un protecteur dont il osât implorer l'appui, sans une communauté dont il eut le droit de se dire membre, sans une institution quelconque à laquelle il pût se rattacher, l'ouvrier libre n'eut pu se réclamer de personne et se fût ainsi trouvé dans la dépendance de tous. Il fallait donc, en ce temps de régime féodal, qu'il passât de l'état de servage à l'état corporatif, pour échapper au péril de l'isolement. Qu'était-ce, en effet, que la société du moyen âge? Une société hiérarchisée de la base au sommet, où les corps constitués étaient tout, et les individus absolument rien. De cet état de choses résultait un ensemble de droits et de devoirs, d'hommages présentés et reçus, de redevances dues et payées. Toute puissance, toute force affectait la forme d'un fief, et tout fief s'abritait derrière les murs, les fossés, les herses et les pont-levis de la forteresse bâtie pour le défendre. Le travail comprit de bonne heure qu'il lui fallait s'accommoder de cet état de choses et prendre sa place dans la société ainsi organisée; il songea donc à se constituer en fief collectif.

Les corporations ouvrières ne sont, en effet, pas autre chose qu'un fief, une sorte de forteresse féodale, ayant pour défenses ses traditions, les privilèges octroyés et le monopole garanti par le suzerain, propriétaire du travail comme du sol. Ainsi que le fief seigneurial, le fief ouvrier faisait son hommage-lige, payait ses redevances en travail, en argent, en guet; et, quand il était en règle avec tous ses maîtres, il pouvait, dans une certaine mesure, défier le bon plaisir. Nul ne se fut avisé de le tailler arbitrairement; nul n'eut impunément molesté, nous ne disons pas un juré ou un prud'homme, mais un maître, un valet, un « aloué, » une « meschinette, » un simple apprenti régulièrement agrégé à la communauté ouvrière.

Ce régime éminemment protecteur devait avoir et eut, en effet, beaucoup de succès dans le monde des travailleurs; l'ouvrier comprit bien vite que, si on lui imposait des devoirs, on lui conférait en même temps des droits considérables, et il entra sans peine dans une combinaison corporative analogue au système féodal qui régnait alors sans partage. Membre d'une grande famille de travailleurs, comprise elle-même dans le vaste syndicat que les corporations formaient entre elles, il se sentit appuyé, défendu par le roi, le prévôt royal et les grands officiers de la couronne, ses maîtres et protecteurs, comme l'homme d'église l'était par l'évêque, l'homme de loi par le Parlement, et le clerc par l'Université.

Il suit de là que la féodalisation du travail industriel dût s'accomplir en même temps que celle du travail agricole, et que les anciennes corporations, tant gauloises que gallo-romaines, trouvèrent là une forme nouvelle appropriée à l'état social de ce temps. Les Nautes parisiens qui, dès le premier siècle de l'ère chrétienne, vouaient un autel à Jupiter et l'érigeaient à la pointe orientale de l'île, se transformèrent, sous l'influence du droit féodal, en une *hanse* ou compagnie priviligiée, ayant, à l'exclusion de tous autres, le monopole du commerce fluvial. Selon toute apparence, ils furent, à Paris et dans le nord de la France, le type sur lequel se modelèrent les ouvriers et les marchands travaillant pour satisfaire aux besoins les plus impérieux des populations urbaines. Agents exclusifs de l'approvisionnement par eau, ils eurent, de bonne heure, pour concurrents ceux qui apportaient, par les routes de terre, les produits de leur travail. La foire de Saint-Denis, par exemple, réunissait, bien avant le règne de Pépin-le-Bref qui la reconnut, les travailleurs de toute la région: et les Halles des Champeaux, divisées en compartiments qui répondaient aux corps de métiers, témoignent, dès le règne de Louis-le-Gros, de l'existence de ce régime corporatif dont nous recherchons les origines. Le *Livre des métiers*, l'une de nos principales sources d'information, les fait remonter plus haut encore: les tailleurs de pierre déclarent au prévôt Etienne Boileau que leur communauté est exempte du guet depuis Charles Martel; ce qui reporte aux temps mérovingiens la constitution des corps ouvriers servant à la construction, au vêtement, à l'alimentation, c'est-à-dire aux besoins les plus impérieux de l'humanité. Il est donc raisonnable de supposer que le régime de la communauté ouvrière succéda presque sans transition, dans les villes, à celui des corporations gauloises et gallo-romaines; dans les campagnes, au contraire, où les travailleurs industriels plus rares, plus isolés, pouvaient moins s'entendre, le régime du servage dut subsister beaucoup plus longtemps. Les ouvriers-serfs travaillaient encore obscurément dans les abbayes et les manoirs, que déjà leurs confrères urbains, émancipés par l'association, œuvraient librement en atelier et comptaient pour quelque chose dans l'administration de la cité, en attendant qu'il eussent part au gouvernement de l'Etat.

Quelques pièces seulement, datant des règnes de Louis-le-Gros, de Louis-le-Jeune et de Philippe-Auguste, précèdent les deux grands documents qui ont servi jusqu'ici de guides aux historiens du travail, et qui éclaireront également notre marche: nous voulons parler du *Dictionnaire de Jean de Garlande* et du *Livre des Etablissemens*, ou *Métiers de Paris*. Le premier donne une liste des fabricants et commerçants parisiens, en y ajoutant les principaux objets de leur étalage; le second est un enregistrement détaillé des statuts et règlements qui régissaient le monde du travail sous l'empire du régime corporatif. Tous deux appartiennent au XIII^e^ siècle; mais, pour qui connaît le moyen âge et l'immobilité de ses institutions, l'état de choses qu'ils nous révèlent est bien celui qui a dû se perpétuer depuis les temps mérovingiens jusqu'à la Renaissance. Un jeune érudit, M. René de Lespinasse, qui a donné, dans la collection historique de la ville de Paris, une excellente édition du *Livre des métiers*, groupe toute l'économie du régime corporatif autour de deux chefs principaux: 1° l'organisation intérieure des communautés ouvrières en général; 2° les statuts et règlements propres à chacune d'elles. Nous résumons très sommairement ce double exposé.

I. Organisation générale des métiers de Paris au XIII^e^ siècle.

1° *Le corps de métiers*. L'exercice d'une profession industrielle constituait un monopole. Il était formellement interdit à l'ouvrier régnicole d'ouvrir boutique, sans avoir obtenu la maîtrise; à l'ouvrier étranger de travailler dans une ville sans avoir été admis par la communauté locale, à tout ouvrier de « besongner » chez lui et en dehors des ateliers. On ne pouvait appartenir à deux corporations à la fois. Lorsqu'une fabrication exigeait le concours de gens de différents métiers, il en résultait toujours des rivalités fâcheuses. En principe, la distinction moderne entre le fabricant et le marchand n'existait pas: les règlements exigeaient que l'objet fût fait et vendu par le même ouvrier; ce qui supprimait les intermédiaires — si vivement attaqués de nos jours, sous le nom de parasites, — et empêchait les produits du travail de sortir de la corporation. Il n'y avait d'exception que pour les vivres apportés du dehors: la revente, ou le *regrat*, en était permise moyennant certaines restrictions. L'égalité ne régnait point dans le monde des métiers · on y remar-

quait, au contraire, une sorte de hiérarchie imitée de la hiérarchie féodale. Quelques corporations, travaillant pour les rois, les princes, les églises et les seigneurs, étaient considérées comme nobles et jouissaient, en conséquence, de certaines immunités. D'autres s'autorisaient des redevances qu'elles avaient à payer à leurs protecteurs, pour s'affranchir des charges qui pesaient sur l'ensemble des communautés ouvrières. Parmi les métiers, les uns étaient francs, c'est-à-dire qu'il suffisait de prouver sa capacité et de posséder les ressources nécessaires, pour être autorisé à ouvrir atelier; les autres s'achetaient un certain prix fixé, soit par les règlements, soit par le seigneur qui en était grand maître. Considérée primitivement comme une propriété dévolue au conquérant du sol et donnée par lui, en apanage, aux grands officiers de sa cour, la communauté ouvrière était, pour ceux-ci, une source importante de revenus : vente du métier, amendes, frais de justice, tout contribuait à leur faire des rentes, et plus d'une fois le souverain fut obligé d'intervenir pour modérer leurs exigences. « Acheter le métier au roi, » c'est-à-dire aux dignitaires qui le tenaient de sa libéralité, c'était une lourde charge que le protectorat de ces hauts personnages ne compensait pas toujours. Heureusement la corporation ouvrière s'administrait elle-même par ses jurés et traitait avec ses supérieurs suivant des règlements fixes; ce qui la garantissait contre l'arbitraire.

2° *La confrérie.* — V. ce mot.

3° *Les apprentis.* Nous renvoyons à l'article Apprentissage pour l'étude de la condition des apprentis sur le contrat qui intervenait entre eux et le patron, sur les agissements bons ou mauvais de l'un ou de l'autre, sur la cession ou le rachat de l'apprenti en certains cas, et sur les privilèges dont jouissaient les fils de maîtres. Quant à l'examen qui couronnait l'apprentissage, nous en avons parlé à l'article Chef-d'œuvre.

4° *Les valets.* — V. l'article Compagnonnage.

5° *Les maîtres.* Après avoir satisfait à toutes les conditions exigées par les règlements et travaillé à gages pendant un temps plus ou moins long, le valet qui avait donné des preuves de capacité, de bonne conduite et de solvabilité, pouvait devenir maître à son tour, soit qu'il achetât le métier, quand celui-ci était vénal, soit qu'il ouvrit un atelier nouveau dans un métier franc.

Les anciens maîtres et les jurés, souverains appréciateurs de la situation, admettaient ou repoussaient le candidat, selon qu'il leur paraissait offrir ou ne pas offrir de sérieuses garanties : ils tenaient surtout à ce que l'établissement projeté eut des chances de durée, afin que l'apprenti n'eut pas à subir, pendant le temps qu'il y passerait, les incertitudes d'une situation embarrassée. Les fils de maîtres, nous le répétons, étaient beaucoup plus favorablement traités : ils héritaient non seulement de l'atelier, mais de la bonne renommée de leur père.

Lorsque le candidat était définitivement admis, on lui faisait prêter serment et l'on procédait à la cérémonie de la réception, qui se terminait par un repas. Un symbolisme curieux, vestige d'anciens usages, réglait parfois les détails de cette cérémonie; il y avait là un souvenir confus des traditions qui se sont perpétuées dans la franc-maçonnerie et le compagnonnage.

Entré en possession de son atelier, le nouveau maître participait à l'administration du métier ; il appréciait les cas de contravention ou de fraude, nommait les jurés et pouvait l'être lui-même. Il avait l'autorité la plus absolue sur ses apprentis et ses valets qui n'étaient jamais admis à déposer contre lui, sauf dans le cas d'infraction aux règlements S'il tombait dans l'indigence où se trouvait, pour tout autre motif, dans l'impossibilité de diriger son atelier, il avait la faculté de le céder, soit gratuitement, soit à titre onéreux, selon la franchise ou la vénalité du métier; mais alors il ne pouvait ni travailler seul, ni prendre une autre profession; il en était réduit à se louer, comme valet, dans un atelier de sa communauté. La qualité de maître était donc essentiellement attachée à la possession d'un fonds et ne suivait pas la personne. En cas de décès, la veuve et les descendants, pourvu qu'ils fussent dans les conditions voulues par les règlements, héritaient de la situation avec ses charges et ses avantages; les valets et les apprentis devaient y achever leur temps de service, suivant les termes de leur engagement. Les maîtres payaient seuls les impôts de commerce, c'est-à-dire les droits sur les entrées, les transports et la vente des marchandises, supportaient seuls la taille, le guet et les autres redevances bourgeoises; les ouvriers, quel que fût leur nombre dans les ateliers, étaient exempts de toutes ces charges.

6° *Les jurés.* Il existait, dans tous les métiers, des surveillants connus sous le nom de *gardes*, ou *prud'hommes* (*providus homo*), ou *jurés*, parce que la prestation du serment était la condition expresse de leur entrée en fonctions. Ces agents, chargés d'assurer le fonctionnement régulier de l'organisation ouvrière, étaient, par la nature même de leurs fonctions, les protecteurs de l'apprenti et du valet, les ordonnateurs du produit des aumônes, les inspecteurs de la fabrication, les représentants du pouvoir pour faire exécuter, dans le monde du travail, les lois générales et les règlements propres à chaque communauté. Ils étaient tantôt élus par les maîtres et les valets, tantôt agréés et investis par l'autorité royale, tantôt enfin désignés par elle ou par les prévôts et officiers royaux. La durée de leurs fonctions était assez limitée : en la fixant à un, deux ou trois ans au plus, on voulait, d'une part, alléger la charge qui résultait, pour des gens établis, de l'exercice consciencieux de cette mission toute de confiance, et, d'autre part, éloigner promptement les incapables ou les indignes, en faisant disparaître, par l'accession d'hommes nouveaux, les abus qu'aurait engendrés une trop longue gestion.

Les fonctions de juré étaient très recherchées et très jalousées, malgré la perte de temps qu'elles occasionnaient. On accordait aux jurés, à titre de compensation, un certain prélèvement sur les amendes; certains métiers se cotisaient pour les indemniser.

Dans les métiers exercés par les femmes, les maîtresses jurées devaient être assistées de leurs maris. Les valets concouraient, dans plusieurs métiers, à la nomination des jurés et pouvaient le devenir eux-mêmes. En ce cas, ils étaient désignés par les maîtres, tandis que les jurés-maîtres étaient à la nomination des valets. Cette combinaison, bizarre en apparence, avait alors et aurait encore aujourd'hui sa raison d'être ; elle prévenait le conflit, au lieu de le créer. Les valets, en effet, avaient tout intérêt à élire un maître juste et bon, et les maîtres se seraient bien gardés de nommer un valet intrigant, difficultueux, irascible, qui eut jeté la discorde dans le conseil des jurés. Ne semble-t-il pas que nos modernes conseils de prud'hommes se trouveraient bien de revenir à ce mode d'élection ?

Dispensés du service du guet pendant la durée de leurs fonctions, les jurés avaient, en outre, certaines prérogatives honorifiques : ils présidaient les cérémonies du métier, avaient un rang dans les cortèges, assistaient aux banquets, recevaient le serment des nouveaux maîtres, distribuaient les secours et passaient au rang de *notables*, après l'expiration de leur mandat.

7° *Les infractions et les amendes.* Dans le régime corporatif, la préoccupation constante des communautés ouvrières était de produire un travail loyal, irréprochable, qui fit honneur au métier et étendit au loin sa bonne renommée : guerre à la « camelote » et aux « camelotteurs », telle était la devise des anciennes corporations. Pour obtenir ce résultat, tous les moyens semblaient bons, et l'esprit du temps ne reculait pas devant un procédé qui aujourd'hui nous paraîtrait odieux : la délation. Tous les membres des communautés ouvrières, jurés, maîtres

et valets devaient prêter serment de rechercher les infractions et de révéler immédiatement les noms des infracteurs. L'ouvrier en défaut vivait donc dans la crainte continuelle d'être dénoncé par ses voisins, et cet état d'inquiétude constante, avec la perspective des pénalités qui l'attendaient, ne contribuait pas peu à lui faire abandonner toute velléité de falsification, malfaçon ou contrefaçon. Comme l'esprit de fraude est fort inventif, on avait soin de choisir, pour remplir les fonctions de jurés examinateurs, des ouvriers d'élite et d'expérience, rompus à toutes les subtilités du travail et sachant parfaitement distinguer un objet loyalement fabriqué d'un produit défectueux. Intéressés d'ailleurs à ce que toute infraction aux règlements fut réprimée, puisqu'une partie du produit des amendes leur profitait, les jurés se montraient impitoyables, appelant à leur aide d'autres maîtres, quand ils le jugeaient bon, pour apprécier les défauts de l'objet ou du produit suspecté.

Les peines infligées étaient généralement la confiscation et l'amende pécuniaire. Pour que l'objet falsifié ou mal travaillé ne reparût plus dans le commerce, on le condamnait à « ardoir », c'est-à-dire à être brûlé; on le déformait le plus complètement possible quand il était en métal, ou autre matière indestructible; ou l'envoyait aux hôpitaux ou aux prisons, quand il était comestible; les objets religieux seuls, par un sentiment de respect, échappaient à la destruction; on obligeait l'ouvrier négligent ou fraudeur à les réparer soigneusement. Après avoir détruit ou confisqué l'objet, le produit jugé mauvais, les jurés prononçaient une amende variable selon les métiers et généralement proportionnée à la gravité du délit; cette amende était double, si le délinquant avait fait résistance; et alors, ainsi que dans le cas où l'intention frauduleuse était manifeste, la puissance administrative ou judiciaire intervenait. Des pénalités rigoureuses, telles que le bannissement du métier, la prison, la mort même, pouvaient être prononcées, surtout quand il y avait récidive.

Le produit des amendes était divisé en plusieurs parts, dont une appartenait au souverain, ou aux grands officiers protecteurs du métier, une aux jurés, une à la « bolte », ou caisse de secours, une à d'autres œuvres pieuses, telles que l'entretien des hospices et des couvents.

Une telle réglementation, il faut bien le reconnaître, n'était pas extrêmement libérale; mais elle avait, au plus haut point, un caractère d'honnêteté et de protection; elle témoignait d'une véritable sollicitude pour les intérêts du public et pour l'honneur des corporations ouvrières; souci qui a complètement disparu de nos mœurs.

8° *La réglementation du travail.* De même qu'il n'était pas loisible à tout venant d'ouvrir boutique, il n'était point permis à tout ouvrier, maître ou valet, de travailler quand il lui plaisait; le travail était réglementé par un triple motif de sécurité publique, d'honnêteté commerciale et de déférence religieuse.

A partir de la sonnerie du couvre-feu, les villes étaient plongées dans les ténèbres; toute lumière devait être éteinte à l'intérieur des maisons, et il y avait contravention lorsque la moindre lueur pouvait être aperçue de la rue. Un atelier, qui eût travaillé nuitamment, aurait donc enfreint les règlements de police et compromis, dans une certaine mesure, le repos de la cité. De plus l'éclairage a été, pendant de longs siècles, extrêmement défectueux; on n'aurait pu travailler, après la chute du jour, qu'à la lueur d'une chandelle de suif ou d'une lampe fumeuse; ce qui eut amené des malfaçons et multiplié les causes d'amende. Le travail de nuit était donc prohibé en principe, quand il s'agissait d'objets destinés à la vente; les mœurs publiques, au moyen âge, exigeaient que chaque ouvrier besognât en plein jour, sur la rue, sous l'œil et la surveillance du passant, juge de la loyauté du travail. Quelques dérogations étaient autorisées, mais seulement quand l'ouvrier travaillait pour son usage personnel, quand il achevait une besogne pressée, ou exécutait une commande pour le roi, les princes, les grands seigneurs et les hauts dignitaires de l'Eglise. Ici reparaît le privilège des « *métiers nobles*, » dont nous avons parlé plus haut.

Interdit pendant la nuit, le travail commençait régulièrement au lever du soleil; le cor du guet, les crieurs publics et les cloches des églises en donnaient le signal. La division du temps était réglée journellement selon les offices de l'Eglise, et annuellement selon les fêtes d'obligation. On divisait l'année en deux saisons principales : celle des jours longs, qui s'étendait du carême à la Saint-Remi (9 octobre), et celle des jours courts qui comprenait une partie de l'automne et tout l'hiver. Pendant les longs jours, la journée de travail, qui commençait au lever du soleil, ne se terminait qu'à *complies*, c'est-à-dire à neuf heures du soir; ce qui était une durée excessive. Durant les jours courts, elle prenait fin à *vêpres*, c'est-à-dire à six heures, et se trouvait ainsi sensiblement abrégée le matin et le soir.

Heureusement les chômages d'obligation étaient nombreux, et, si les métiers avaient les inconvénients de leur soumission aux lois de l'Eglise, ils en recueillaient aussi les avantages. Dès la veille d'une fête, le travail cessait au moment où l'on chantait les premières vêpres. Le lendemain, les ateliers, sauf ceux des métiers privilégiés, étaient fermés toute la journée; cette clôture avait lieu tous les dimanches, les jours de grandes solennités religieuses, de fêtes de la vierge, des apôtres, d'un assez grand nombre de saints, et, en particulier, des patrons de la confrérie. « On nous ruine en fêtes », disait le savetier de La Fontaine, et il n'avait peut-être pas tort, car le chômage devait être observé, sous peine d'amende. Au moyen âge, c'était, du moins, le correctif de l'excès de travail dans les longs jours : la population ouvrière, en effet, ne se bornait pas au repos; elle fréquentait les églises et trouvait une distraction dans la pompe des offices, ainsi que dans la représentation des *mystères* ou des *moralités*, qui en formaient le complément.

9° *La fabrication.* L'opposition entre l'esprit ancien et l'esprit moderne se montre également dans la fabrication industrielle. Le principe de la division du travail est aujourd'hui appliqué partout, et l'on y trouve d'incontestables avantages, tels que la rapidité de l'exécution, la perfection des détails, le bon marché, etc. Au moyen âge et sous le régime corporatif, il en était tout autrement : le même objet, un flambeau, par exemple, qui, de nos jours, passe successivement entre les mains du fondeur, du mouleur, du monteur, du ciseleur, du brunisseur, etc. s'achevait par les soins du même ouvrier, qui s'initiait ainsi à toutes les parties du métier et pouvait ensuite passer maître, tandis que le travailleur moderne occupé, pendant toute sa vie, à de petits détails, ne sera jamais l'homme de l'ensemble et ne pourra former un bon apprenti. Le consommateur y trouve son compte par le bon marché de l'objet ainsi fabriqué; mais où est aujourd'hui, dans les prix doux, le produit loyal, fini, « marchand », qui jadis pouvait seul sortir des ateliers, et qui engageait complètement la responsabilité de l'ouvrier, parce qu'il était son œuvre exclusive?

Cette loyauté de la fabrication était le but principal auquel tendaient les corporations ouvrières. Pour l'atteindre plus sûrement, les jurés exerçaient une surveillance active sur le choix des matières premières et sur leur mise en œuvre. Les entraves apportées à la réception des maîtres, l'interdiction du travail de nuit, l'obligation d'œuvrer en plein jour et sous l'œil du public, n'avaient pas d'autre cause. Les ouvriers du moyen âge avaient, au plus haut point, l'orgueil de leur métier; ceux d'aujourd'hui ne sont-ils pas trop indifférents à la qualité de leurs produits, quand ils en ont reçu et dépensé le prix?

10° *La vente des produits du travail.* Nous avons déjà fait remarquer que le régime corporatif n'admettait point

la distinction moderne entre le fabricant et le vendeur. Il existait bien, à l'état d'exception, des courtiers, des regrattiers et des colporteurs ; mais, en principe, l'objet se vendait dans l'atelier où il avait été fabriqué, et le public trouvait son avantage à cette suppression de tout intermédiaire. C'est, du reste, ce qui se pratique encore aujourd'hui dans les petites villes et dans les campagnes, où les grands ateliers n'ont pas de dépôts.

Tout était organisé, dans le régime corporatif, pour protéger le public contre les abus de la fabrication et de la revente, pour empêcher la hausse factice des denrées et pour mettre les petits industriels à l'abri des manœuvres de plus riches et de plus puissants qu'eux. Le capital, objet de tant de déclamations à notre époque, était donc, au moyen âge, réduit à l'impuissance. Toute association commerciale était proscrite sous le nom de « compagnie » ; tout achat en gros de denrées était considéré comme un accaparement et un « monopole ». On interdisait la « resserre », et l'on défendait que les marchandises, arrivées par eau ou par terre, fussent mises en magasins pour attendre des cours meilleurs ; elles devaient être vendues ou le jour même, ou à bref délai, et, si une baisse se produisait, le public était appelé à en bénéficier.

Le marché à terme, ou la spéculation sur les marchandises, était considéré comme une grave infraction aux règlements. Les regrattiers, ou revendeurs de denrées alimentaires, étaient naturellement enclins à faire des marchés « à livrer », pratique qui, en se généralisant, eut mis toutes les marchandises à leur disposition et dépeuplé les halles, ou « apports » ; la réglementation corporative le leur interdisait expressément et réservait, pour le cas d'achat en gros, la part de la consommation locale. Ces doctrines économiques n'ont pas absolument fait leur temps : bien que les théories contraires aient prévalu, la masse des consommateurs contemporains est encore d'avis qu'il vaut mieux acheter directement au producteur : elle condamne la revente, la resserre, les marchés en gros, les marchés à terme, et tout ce qui peut ou produire factiсement la hausse ou empêcher la baisse naturelle des produits du travail.

Les foires étaient, au moyen âge, et sont encore aujourd'hui le correctif de ces pratiques abusives : à Paris, notamment, l'établissement des apports, ou marchés se tenant aux portes, des Halles des Champeaux où tous les métiers avaient leur place, des « pierres » au poisson, et à la viande, des halles aux draps, et aux toiles, des foires du Lendit, de Saint-Ladre, de Saint-Germain, de Saint-Laurent, de Saint-Ovide, etc., faisaient obstacle aux « monopoles », empêchaient la formation des « compagnies » et assuraient un bon marché relatif.

11° *Les impôts, droits et redevances.* C'est dans l'ordre inverse que ces trois expressions devraient être placées. Le travail apparaît, en effet, dans l'ancien droit féodal, comme une propriété appartenant au souverain et louée par lui, moyennant redevance en argent ou en nature ; cette redevance devient ensuite une « coutume, » ou un « droit » à payer ; enfin elle revêt son véritable caractère et se transforme en impôt, ou part contributive du travailleur aux dépenses générales de l'Etat. Plus on remonte haut, plus les contributions ouvrières sont multiples, confuses et difficiles à justifier. La forme de ces impôts, leur partage entre plusieurs ayant droit ajoutent encore à la complication ; mais, au fur et à musure qu'on descend le cours des âges, on aperçoit la tendance des corporations ouvrières à simplifier leurs impôts, à les fixer le plus exactement possible, à prévoir les cas où elles les doivent et ceux où elles en sont dispensées, enfin à éviter les contestations et à transiger de leur mieux avec l'autorité.

Il faut distinguer entre les contributions *civiles*, communes à tous les citoyens, et les contributions *industrielles* et *commerciales*, propres au monde du travail ; les maîtres les devaient toutes deux et les valets en étaient exempts. Ceux-là avaient, en outre, à subir le *droit de prise*, à payer le *hauban* et le *tonlieu*.

Le *droit de prise* était la plus vexatoire de toutes les redevances : il consistait dans la faculté, réservée au roi et aux grands seigneurs, de retenir dans les marchés tous les vivres qui leur convenaient, en les payant au prix coûtant.

Le *hauban* était une sorte d'abonnement offrant l'avantage de réunir en un seul payement une multitude de redevances qui auraient dû être payées chaque jour, et qui eussent entraîné des comptes sans nombre, ainsi qu'une grande perte de temps. Le fabricant ou le marchand, dans la corporation duquel le hauban existait, ou qui en avait obtenu personnellement le privilège, payait primitivement en nature ; mais il parvint à transformer cet impôt en argent, et il fut désormais fixé sur la quotité de la contribution qui lui incombait.

Quant au *tonlieu*, qualifié d'impôt « du vendre et de l'acheter », il représentait un droit à payer par le marchand et par l'acheteur, à chaque vente d'une marchandise quelconque ; c'était l'impôt commercial par excellence, et nos modernes timbres de facture peuvent en donner une idée. Plus équitable que nos patentes qui ne pèsent que sur le marchand et qui, à ne considérer que le droit fixe, frappent le petit comme le gros, il présente un peu plus d'analogie avec ce qu'on appelle, de nos jours, l'impôt sur le chiffre des affaires, genre de contribution encore en projet. Le tonlieu était très variable : on percevait plus ou moins, selon que les transactions avaient lieu en foire, en marché, en boutique, et que les marchandises étaient apportées en char, en charrette, par une bête de somme, ou à dos d'homme.

En résumé, le système contributif du moyen âge était très imparfait ; à l'origine, les charges multiples qui pesaient sur le monde du travail ressemblaient plutôt à des exactions qu'à des impôts équitablement établis : c'est par la suite et peu à peu qu'ils ont eu ce dernier caractère.

12° *Le guet, ou la garde de nuit.* A Paris et dans un grand nombre de villes, la bourgeoisie ouvrière et marchande devait le guet, c'est-à-dire un service de patrouille nocturne destiné à assurer le repos de la cité. Le « guet des métiers », comme on l'appelait, semble avoir été primitivement établi dans l'intérêt des ateliers et des boutiques, puisqu'il prévenait le vol et aidait à l'arrestation des voleurs. Les manoirs et hôtels, mieux fermés, mieux défendus, défiaient les entreprises de nuit, tandis que les maisons d'artisans, ouvrant directement sur la rue et contenant des marchandises de prix, offraient plus de facilité et plus d'attrait aux larrons. Il ne faut donc pas s'étonner que les corporations ouvrières aient été, de bonne heure, astreintes à cet impôt en nature.

Comme toutes les contributions ayant le caractère commercial, la charge du guet incombait au maître, c'est-à-dire à l'ouvrier ou au marchand établi ; les valets, quel que fût leur âge, et leur nombre, les apprentis, les veuves maîtresses en étaient dispensés. Primitivement le maître devait guetter en personne, et ce ne fut que par tolérance qu'on lui permit plus tard de se faire remplacer par un valet capable et instruit. Le guet était obligatoire jusqu'à l'âge de soixante ans ; des dispenses n'étaient accordées qu'en cas de maladie constatée du mari ou de la femme. Commençant au couvre-feu, le guet ne se terminait qu'au lever du soleil ; il comprenait, à Paris, une soixantaine d'hommes répartis en plusieurs patrouilles qui sillonnaient toute la ville.

Malgré l'intérêt direct que les gens de métier avaient à guetter, ils se faisaient dispenser de cette obligation autant qu'ils le pouvaient, les uns parce qu'ils exerçaient des professions « nobles », les autres parce qu'ils travaillaient pour l'Eglise, ceux-ci, comme les tailleurs, parce qu'ils avaient à terminer, pendant la nuit, un riche costume, ceux-là, comme les jaugeurs, crieurs et

mesureurs, parce qu'ils étaient des préposés et ne se livraient ni au commerce, ni à l'industrie.

Ainsi que tous les autres impôts industriels et commerciaux, le guet en nature se transforma peu à peu et à la suite de nombreux abus, en une redevance pécuniaire; la police nocturne confiée exclusivement aux agents de l'autorité n'en fut que mieux faite.

13° *Les juridictions et les justices.* Les corporations ouvrières étaient, en général, soumises au roi et à ses prévôts, dans les villes où le souverain avait un représentant direct; mais elles dépendaient aussi des grands officiers de la couronne, des hauts dignitaires ecclésiastiques et des seigneuries laïques ou religieuses, dans la censive desquels les chefs d'atelier s'établissaient. Pour échapper aux charges qui pesaient sur eux, ils se réfugiaient parfois dans les encios et terres franches des abbayes, des prieurés et des commanderies; ils travaillaient alors dans des conditions moins onéreuses; mais, en revanche, ils pouvaient être traités comme forains et subir des impôts de diverse nature, quand ils amenaient leurs produits sur les marchés publics. En général, ils avaient intérêt à se soumettre à la juridiction royale, qui les traitait beaucoup plus favorablement que les seigneuries ecclésiastiques et laïques, parce qu'elle tendait à attirer à elle toutes les juridictions inférieures. Les communautés ouvrières voyaient donc, dans le souverain, leur véritable protecteur, et c'est ce qui explique le long défilé des jurés de toutes les communautés parisiennes devant Etienne Boileau, prévôt du roi Louis IX.

Les « Justices » et « Grandes maîtrises » étaient des concessions dues à la générosité du roi et reversibles à la couronne; exercées par les grands officiers royaux, elles se sont confondues, de bonne heure, dans la juridiction royale. Quant aux juridictions seigneuriales ordinaires, tant ecclésiastiques que laïques, elles ont été, ainsi que les redevances, l'objet de diverses transactions — comme le For-l'Evêque et la « tierce semaine » à Paris — et ont fini par disparaître. Les prévôtés marchandes, à Paris, à Lyon et autres grandes villes, ont tenu en leurs mains, pendant presque toute la durée de l'ancien régime, les métiers ou plutôt les agences des poids, mesures, jauges et « crieries », et ce, en vertu d'anciennes concessions royales leur accordant la garde du « poids le roy ».

Voilà à peu près ce que l'on sait sur les juridictions ouvrières au moyen âge; elles étaient évidemment trop nombreuses et ont dû se montrer exigeantes, tracassières, hostiles au progrès du travail, avant leur absorption par la juridiction royale. La transformation qui a eu lieu dans l'ordre politique, au détriment des seigneurs féodaux et, au profit des rois, a donc eu son contre-coup dans le monde des Métiers, ou plutôt elle s'est opérée parallèlement, et l'on pourrait en suivre la marche rien qu'en relevant, de siècle en siècle, les modifications qui se sont produites dans les rapports des communautés ouvrières avec leurs trop nombreux justiciers : nouvelle preuve de la solidarité qui existe entre l'histoire intime des peuples et le développement de leurs institutions politiques.

II. STATUTS ET RÈGLEMENTS PROPRES A CHAQUE CORPORATION OUVRIÈRE

On ne peut songer à exposer, par le menu, les statuts et règlements qui ont régi, pendant toute la durée du moyen âge et dans toute l'Europe civilisée, chacune des innombrables communautés ouvrières qui composaient la population urbaine. En France seulement, les corporations variaient du nord au midi, et l'on trouve à Marseille, à Bordeaux, à Toulouse, tels métiers, tels règlements locaux qui n'avaient point leurs analogues à Rouen, Reims ou Amiens. Paris, par sa situation géographique, par son titre de capitale, par la réunion de hauts et riches personnages que la présence du roi y attirait, a constamment offert un ensemble aussi complet que possible de professions industrielles et commerciales. Un historien du XIVe siècle, Jean de Jandun, décrivant les Halles des Champeaux, qui étaient alors un véritable bazar où tous les ouvriers de Paris allaient vendre, deux fois par semaine, les produits de leur travail, s'écrie dans son enthousiasme : « Ce séjour, plein de trésors inestimables, offre les espèces les plus diverses de joyaux et tous les genres d'ornements que l'industrie la plus exercée, l'esprit le plus inventif peuvent imaginer. Dans certaines parties basses de ce marché, sous des amas, sous des monceaux d'autres marchandises, se trouvent des draps plus beaux les uns que les autres, dans d'autres, de superbes pelisses, les unes faites de peaux de bêtes, les autres d'étoffes de soie, d'autres enfin composées de matières délicates et étrangères... Dans la partie supérieure de l'édifice, qui forme comme une rue d'une étonnante longueur, sont exposés tous les objets qui servent à parer les différentes parties du corps humain : pour la tête, des couronnes, des tresses, des bonnets, des peignes d'ivoire pour les cheveux, des miroirs pour se regarder, des ceintures pour les reins, des bourses pour suspendre au côté, des gants pour les mains, des colliers pour la poitrine et mille autres choses... Dans cette immense exposition, les promeneurs voient sourire à leurs yeux tant de décorations pour les divertissements des noces et les grandes fêtes que, après avoir parcouru à demi une rangée, un désir impétueux les porte vers l'autre, et que, après avoir traversé toute la longueur, une insatiable ardeur de renouveler ce plaisir, non pas une fois ni deux, mais indéfiniment, en reprenant dès le commencement, leur ferait recommencer l'excursion ».

Ces métiers, que Guillebert de Metz, écrivain du commencement du XVe siècle, qualifiait d'ingénieux, et qui produisaient toutes les merveilles admirées par Jean de Jandun, peuvent être pris comme types de l'industrie française et européenne; c'est donc faire l'histoire de l'ancienne industrie que de les passer rapidement en revue, en les rangeant par groupes dans l'ordre de la nécessité et du superflu:

1° *Alimentation*;
2° *Vêtement, chaussure, coiffure*;
3° *Logement et ameublement*;
4° *Outils, ustensiles, armes, objets de fantaisie en matières et métaux divers*;
5° *Orfèvrerie, joaillerie, sculpture*;
6° *Industries diverses*.

1° *Groupe de l'alimentation.* Ce groupe comprenait les industries et commerces ayant pour objet la production et le travail des farines, l'achat et la vente des boissons, la boucherie, l'épicerie, la fruiterie, la « poulaillerie », la poissonnerie, la graineterie et la vente des fourrages : métiers très divers exercés par les *blatiers, meuniers, talemeliers,* ou *boulangers*, ou *bloyers* ou *pâtissiers, mesureurs, jaugeurs* et *crieurs de vin, taverniers, cervoisiers, bouchers, regrattiers, huiliers* et *vinaigriers, poulaillers, cuisiniers* ou *queux, pêcheurs, poissonniers d'eau douce, poissonniers de mer, chandeliers* et *feiniers*.

Les *blatiers* étaient, comme aujourd'hui, des marchands de grains au détail; ils ne vendaient directement que jusqu'à concurrence d'un setier; pour une plus grande quantité, ils devaient avoir recours à l'entremise des mesureurs jurés.

Les *meuniers* devaient avoir un moulin à eau ou a vent, en toute propriété, ou en fermage; ils pouvaient travailler la nuit, ainsi que les dimanches et fêtes, excepté pendant la durée des offices; le nombre de leurs apprentis était illimité. Quand ils travaillaient pour le public, ils se payaient en nature; c'est ce qu'on appelle encore la *mouture,* dans le fond de nos provinces. Leur entrée en fonctions était précédée d'une prestation de serment et d'un repas offert à tous les gens de la communauté.

Les *talemeliers*, ou *boulangers*, ouvriers de première nécessité, formaient un métier nombreux, et leurs règlements étaient très compliqués. Outre les apprentis, dont il n'est point parlé dans les statuts, il y avait, en chaque

atelier, un maître valet appelé *joindre* ou *jindre*, puis des aides appelés *vanneurs, bluteurs, pétrisseurs*. Pour passer maître, il fallait faire un stage de quatre ans et payer, chaque année, à la Noël, un impôt dit de coutume. A chaque payement, l'officier receveur marquait une *coche*, ou entaille, sur un bâton ; aussitôt qu'il y en avait quatre, le stage était complet, et l'on pouvait procéder à l'installation du nouveau maître. La cérémonie de la réception était des plus curieuses. Le récipiendaire devait se rendre à la maison du maître des talemeliers, où les gens du métier qui l'avaient précédé l'attendaient à la porte. Il présentait alors au maître un pot plein de noix, ainsi que le bâton marqué de quatre coches, en disant : « maître, j'ai fait mes quatre années », ce qui était confirmé par le receveur de l'impôt. Le maître rendait alors au récipiendaire son pot et ses noix : celui-ci les jetait contre le mur de la maison et entrait, suivi de ses compagnons, dans une salle où le festin avait lieu aux frais de la communauté. Cette cérémonie se célébrait, chaque année, le premier dimanche de janvier : les talemeliers qui ne pouvaient y assister devaient envoyer un denier, pour subvenir à la dépense ; faute de quoi, ils s'exposaient à être interdits pendant plusieurs jours.

Les talemeliers parisiens fabriquaient trois sortes de pain : le *doubleau*, du prix de deux deniers, la *demie* qui coûtait une obole, et la *denrée* (*denariatus*) qui, comme son nom l'indique, valait un denier. Il y avait, en outre, le pain de *pote*, ou de fantaisie, vendu de gré à gré. Le prix du pain était invariable ; on ne faisait qu'en diminuer ou en augmenter la grosseur, en temps de disette ou d'abondance. Les boulangers forains faisaient, à certains jours, concurrence à ceux des villes et apportaient sur les marchés diverses qualités de pain.

A Paris, la boulangerie était sous la main du Grand Panetier du roi, qui faisait administrer le métier par un maître et douze jurés : la discipline y était sévère, soit pour infraction au chômage des fêtes, soit pour mauvaise qualité, ou mauvaise cuisson, soit enfin pour élévation ou abaissement arbitraire des prix. Il en résultait que les talemeliers payaient fréquemment l'amende et voyaient plus d'une fois leurs fournées « données à Dieu », c'est-à-dire confisquées au profit des pauvres.

Les *wasteliers* ou *gasteliers* (fabricants de gâteaux), les *oubloyers* (fabricants d'oublies, ou pâtisseries légères) sont mentionnés dans divers documents ; mais l'importance de leur fabrication était infiniment moindre, et on les confond souvent avec les talemeliers.

Le commerce des boissons présentait, à Paris, une remarquable particularité : c'était le seul qui, avec ses auxiliaires les *mesureurs*, *crieurs* et *jaugeurs*, relevât de la Prévôté des marchands, et cela, à titre de fief, en vertu d'un don spécial du roi. Ces agents étaient plutôt des officiers publics que des hommes de métier proprement dits. Ils ne fabriquaient aucun objet, ne vendaient aucune marchandise, et n'avaient ni boutique ni atelier : leur rôle se bornait à servir de garant intermédiaire entre les marchands et les acheteurs, pour le mesurage, le jaugeage, le prix et la qualité. Ils étaient porteurs de mesures légalisées servant aux opérations de leur office et devaient les entretenir constamment en bon état ; le droit qui leur revenait était minime, et l'on ne trouvait chez eux ni apprentis, ni valets, ni maîtres.

Les *crieurs*, plus spécialement attachés au commerce des vins, faisaient également connaître, dans les rues, le prix des oublies, des gaufres et autres objets de consommation ; on voit même des fabricants de divers produits leur faire annoncer publiquement leurs marchandises. Mais Jean de Garlande et Etienne Boileau mentionnent plus particulièrement les crieurs, qui allaient annoncer le prix du vin en vente dans les tavernes, et offraient au public de le goûter. Payés par les taverniers, mais astreints à une redevance envers la Prévôté des marchands, ils gagnaient peu et furent obligés plus tard, pour pouvoir vivre, d'annoncer les convois funèbres : ce qui leur fit donner le nom de « crieurs de corps et de vin ». Surveillants et auxiliaires des taverniers, ils se rendaient chaque matin dans les tavernes, sans qu'on pût décliner leur ministère, assistaient à la manipulation du vin, le regardaient tirer ou le tiraient eux-mêmes ; puis ils sortaient, avec un broc dans une main et un hanap, de l'autre, pour offrir un échantillon aux passants. Si un tavernier, voulant se débarrasser d'un crieur, refusait de lui dire le prix de son vin, celui-ci pouvait crier le « prix du roi », c'est-à-dire le prix auquel le souverain vendait le produit de ses vignobles, prix qui devenait alors régulateur.

Les *taverniers*, qui n'avaient, eux aussi, ni apprentis ni valets, constituaient moins un métier qu'un commerce de détail ; distincts des *cabaretiers* qui donnaient à boire et à manger, ils n'avaient pour clients que les classes pauvres et ne vendaient que « vin à pot ». Ils s'approvisionnaient sur les ports, où les vins arrivaient par bateau.

Les *cervoisiers*, fabricants et débitants de cervoise, sorte de bière dépourvue de houblon, étaient soumis à la juridiction du Prévôt royal ; ils avaient des apprentis, des valets, des maîtres, des jurés chargés de saisir la cervoise falsifiée et de poursuivre les autres contraventions ; ils devaient le guet, ainsi que les autres redevances, et formaient, par conséquent, un métier régulier.

Les *bouchers* ont été constitués de bonne heure en corporation ; la nature même de leur industrie exigeait qu'ils fussent agglomérés sur un certain point, et ce voisinage amena naturellement la formation de la communauté. Les boucheries ou abattoirs, les étaux ou boutiques à viande, étaient, d'ailleurs, l'objet de concessions de l'autorité qui imposait aux concessionnaires des redevances et des conditions égales, véritables bases de l'association ouvrière. On sait le rôle que les bouchers de Paris ont joué dans nos troubles civils : la grande boucherie, voisine du Châtelet, a eu ses Caboche, ses Capeluche et autres agitateurs. C'est au régime corporatif qu'elle empruntait cette force collective qui la rendit si puissante, et lui permit de se livrer à tant d'excès.

On appelait *regrat* la revente des produits alimentaires ; le métier s'achetait du roi, comme les étaux de boucherie, c'est-à-dire qu'il fallait ou acquérir une boutique ancienne, ou payer aux officiers royaux une certaine somme pour en ouvrir une nouvelle. Le *regrat* qui, en principe et appliqué aux produits industriels, eut été un délit punissable, n'était toléré que pour les comestibles, dont la vente intégrale ne pouvait avoir lieu le jour où on les avait amenés de la campagne ; il y avait donc des *regrattiers* de diverses espèces de vivres, tels que pain, sel, poisson, œufs, fromages, beurre, volaille, gibier, légumes, fruits, épices communes. Par une mesure d'équité, que beaucoup d'économistes voudraient voir appliquer aujourd'hui aux immenses bazars où se débitent les marchandises les plus variées, les regrattiers d'autrefois payaient les droits et redevances « que chaque chose debvoit. » Ils acquittaient, en outre, le *hauban*, la *coutume* et le *tonlieu*, avaient à subir le droit de *prise* et droit de *partage* ; cette dernière servitude consistait dans la faculté laissée au particulier de prendre ce qui était nécessaire à sa consommation, au prix payé par les regrattiers. De plus, il leur était défendu d'aller sur les routes au devant des approvisionneurs en gros, pour traiter avec eux et empêcher l'apport des marchandises sur les marchés publics. Tout cet ensemble de mesures restrictives avait pour but de prévenir l'accaparement, le « monopole » et la hausse ou la raréfaction des denrées.

Les *huiliers* formaient un métier peu nombreux, mais jouissant de diverses immunités telles que travail de jour et de nuit, nombre illimité d'apprentis, temps d'apprentissage libre, exemption d'impôt pour l'achat des graines oléagineuses, etc. Leur fabrication comprenait l'huile d'olives, d'amandes, de noix, de navette, de chénevis, de

pavots, etc. On pouvait leur imposer le ministère d'un jaugeur.

On sait peu de chose sur les *vinaigriers;* mais leurs règlements devaient, ce semble, différer assez peu de ceux des huiliers.

Les *cuisiniers*, ou *queux*, représentés par nos modernes rôtisseurs, vendaient au peuple des viandes bouillies, rôties, ou préparées de diverses façons; on les nommait aussi *oyers*, parce qu'ils débitaient surtout des oies, volaille dont l'usage était alors le plus répandu. On ne pouvait devenir cuisinier qu'après deux ans d'apprentissage; et, quand on succédait à son père, comme fils de maître, avant de savoir le métier, il fallait s'adjoindre un valet capable. Nul ne devait ni détourner le valet d'un confrère, ni appeler le chaland quand celui-ci s'arrêtait devant une autre boutique, ni mépriser les viandes exposées à l'étalage d'un voisin; c'eut été s'exposer à l'amende. Il était interdit aux cuisiniers, comme aux regrattiers, d'aller à la rencontre des marchands forains et de traiter avec eux avant l'apport des marchandises aux halles. Les prescriptions relatives à la qualité des viandes étaient assez minutieuses et témoignent d'un véritable souci de la santé publique. Les cuisiniers avaient une « boîte », ou caisse de secours, pour les veuves, les orphelins et les vieillards; institution qui ne tarda point à se généraliser dans le monde des métiers.

Les *poulaillers*, ou marchands de volailles, n'étaient qu'une fraction des nombreux métiers de *regrattiers*. Ils pouvaient vendre toute espèce de volailles, à la condition de payer les impôts afférents à chacune. Hommes et femmes pouvaient exercer le métier, qui avait ses maîtres, ses jurés, ses redevances et ses amendes.

Les *poissonniers* se divisaient généralement en *pêcheurs, marchands de poisson d'eau douce* et *marchands de poisson de mer*.

Les *pêcheurs* formaient une communauté dépendant directement du souverain, quand ils pêchaient dans les fleuves ou « eauë le roy; » ils achetaient le métier, payaient le *hauban* et la *coutume*, et étaient assujettis à des règlements concernant la dimension et les mailles des filets, ainsi que la nature et la grosseur du poisson. Ils vendaient, soit au public, soit aux *poissonniers d'eau douce*, qui étaient en quelque sorte leurs regrattiers et qui, à ce titre, subissaient le droit de prise et le droit de partage. Les jurés, gardes du métier, infligeaient des amendes en cas de contravention, ou confisquaient le poisson pour être distribué aux prisonniers et aux malades.

Les *poissonniers de mer*, astreints aux mêmes règlements que les regrattiers, ne pouvaient aller au devant des charrettes ou des bateaux amenant la marée; ils devaient acheter aux Halles, par le ministère des « vendeurs, compteurs et poigneurs » établis par les jurés du métier. Des amendes et des confiscations les frappaient également en cas de contravention.

Aux métiers de l'alimentation se rattachaient les fabricants et vendeurs des produits qui en dérivent ou s'en rapprochent, les *chandeliers* et les *feintiers*, en particulier. Il fallait six ans pour apprendre à fabriquer des chandelles; cette fabrication était l'objet d'une surveillance scrupuleuse de la part des jurés du métier, qui empêchaient et punissaient tout mélange de mauvaise graisse ou de mauvais suif. Nul apprenti, nul valet ne pouvait aller « œuvrer » en ville; le maître seul avait le droit d'aller faire des chandelles chez un particulier. Le colportage était permis dans cette industrie.

Le métier de *feinier* comprenait les *marchands de foin* qui étaient les vrais commerçants, les *courtiers* qui servaient d'intermédiaires entre les vendeurs et les acheteurs en gros, et les *porteurs* ou *crieurs*, qui parcouraient la ville avec un échantillon de la marchandise. Les feiniers subissaient l'impôt en argent et en nature, indépendamment des droits et amendes qu'on leur faisait supporter; on *cueillait* chez eux une botte du meilleur foin pour les écuries du roi, quand le souverain se trouvait dans la ville où ils exerçaient leur métier.

2° *Groupe du vêtement.* Ce groupe, fort important, comprenait une grande quantité de métiers, depuis ceux qui s'occupaient des matières premières jusqu'à ceux qui donnaient le fini aux objets fabriqués : l'habillement, la coiffure, la chaussure exigent, en effet, le concours de beaucoup de mains, et la division des industries était telle, au moyen âge, que chaque métier avait étroitement limité sa fabrication. Ceux qui s'occupaient de la manipulation des matières premières travaillaient le fil, la laine, la soie et leurs déchets; ils filaient, teignaient, tissaient et foulaient ces divers textiles; de là des *liniers*, *chanevaciers* et *cordiers*, des *fileurs* et *fileresses*, des *teinturiers*, des *tisserands* et des *foulons*. Venaient ensuite ceux qui mettaient les étoffes en œuvre : *braaliers*, *chauciers*, *tailleurs de robes*; puis ceux qui fabriquaient ou vendaient les divers ornements propres à décorer le costume : *laceurs*, *crépiniers*, *tissutiers-rubanniers*, *tisserandes de soie*, *merciers*, et ceux qui le vendaient d'occasion, tels que les *fripiers*; artisans auxquels il faut ajouter ceux qui tenaient les accessoires du vêtement : *courroyers*, *gantiers*, *boursiers* et *brayers*. L'article chaussure comprenait les *cordouaniers*, *savetiers* et *savetonniers;* dans la coiffure, enfin, on distinguait les *chapeliers* de *feutre*, de *coton*, de *paon*, d'*orfrois*, de *fleurs*, et les *fourreurs* de chapeaux. Un mot sur ces diverses industries.

Les *liniers* achetaient le lin brut et lui faisaient subir les préparations nécessaires pour le rendre bon à filer. Une grande surveillance était exercée sur ce textile; les jurés, gardes du métier, exigeaient qu'il fut vendu aux halles. Le lin payait un droit d'entrée et un impôt de commerce, au moment de la vente; il en était de même du chanvre.

Les *cordiers* travaillaient le lin, le chanvre, la soie, le poil de chèvre et l'écorce de tilleul; il leur était interdit de mélanger ces divers textiles, sous peine d'amende et de destruction des cordes falsifiées.

Les *chanevaciers* fabriquaient de grosses toiles appelées *chanevas*, ou *canevas*, qui venaient de Normandie ou des Flandres. Comme il n'y avait pas de fabrication, les statuts se bornaient à réglementer la vente qui se faisait par des *courtiers*, des *auneurs* et des *colporteurs*, distincts des marchands chanevaciers. On payait un droit, ou coutume, plus une location d'étal aux halles; la confiscation et l'amende étaient prononcées contre les délinquants.

La filature s'exerçait par des femmes désignées sous le nom de *fileresses à grands et à petits fuseaux*: elles ne filaient que la soie qu'elles dévidaient, doublaient et retordaient. Le métier comprenait des apprenties, des ouvrières, des maîtresses, des prudes-femmes et des prud'hommes jurés; l'apprentissage durait sept ans. L'infidélité était fréquente dans les ateliers; on rendait assez souvent une soie inférieure à celle qu'on avait reçue; aussi les maîtresses faisaient-elles travailler chez elles, et ne permettaient pas que leurs ouvrières emportassent de l'ouvrage au dehors.

On teignait ou avant ou après le tissage; malgré la division des métiers et le caractère exclusif de chaque industrie, les *teinturiers* n'avaient pas le monopole de la leur; ils le partageaient avec les *tisserands de tange*, qui s'étaient réservé le droit de teindre leurs laines et leurs draps; ce qui amena, entre les deux métiers, d'interminables contestations. Les teinturiers avaient un nombre d'apprentis illimité et pouvaient travailler la nuit; ils payaient divers impôts, selon les censives sur lesquels ils étaient établis, et notamment un droit pour le lavage en rivière. Le choix des matières tinctoriales était l'objet d'un examen minutieux, et les jurés n'hésitaient point à prononcer l'amende, quand la teinture était défectueuse.

Les *tisserands* se divisaient en deux grandes catégories : tisserands de *fil* et tisserands de *langé*, ou de *laine*. Ces derniers, de beaucoup les plus importants, étaient, en réalité, des fabricants de draps, industriels riches ayant la main sur les teinturiers et les foulons. Jaloux de conserver l'atelier dans leur famille, ils prenaient peu ou pas d'apprentis étrangers; leurs enfants, frères, neveux et autres parents composaient, avec quelques valets, un personnel occupant une vingtaine de métiers; c'est ce qu'on appelait une « mainbournie », ou maisonnée, sous la tutelle du chef. Acheté primitivement du roi et se transmettant ainsi de père en fils, le métier de tisserand de laine était administré par un maître et par quatre jurés; les valets y étaient nombreux et se louaient pour un temps déterminé. La journée commençait au lever du soleil et se terminait au coup de vêpres, c'est-à-dire à six heures du soir; si l'on prolongeait le travail sans nécessité, le maître et le valet étaient condamnés à l'amende.

En tant que teinturiers, les tisserands étaient assujettis aux règlements sur la teinture; comme tisseurs, ils devaient éviter tout mélange de bonne et de mauvaise laine, posséder des métiers conformes aux types adoptés et observer les procédés de tissage en usage de leur temps. Ils fabriquaient des « estanforts, » des « camelins, » bruns et blancs, des draps unis et rayés, selon un aunage déterminé. Tout drap « épaulé, » c'est-à-dire moins bon au milieu de la pièce qu'aux extrémités, donnait lieu à une amende; le fabricant devait le garder pour lui, ou révéler le défaut à l'acheteur. Sauf ce dernier cas, toute baisse de prix était interdite; il semblait qu'on ne pût diminuer le prix qu'aux dépens de la qualité. Toute entente entre les drapiers était qualifiée d' « alliance », et sévèrement réprimée; les prix étaient fixés invariablement par les jurés.

Le commerce des draps était assujetti à divers impôts, le *tonlieu*, le *hallage*, la *huche;* on payait moins en boutique qu'aux Halles, et au roi qu'à l'évêque. Les tisserands de laine firent d'abord le guet en personne; puis ils parvinrent à se faire remplacer, moyennant une somme d'argent et une troupe d'hommes qu'ils payaient pour guetter à leur place.

Le métier de *foulon* était franc; il se composait, en grande partie, de valets travaillant pour les tisserands et les jalousant; ils se louaient à la journée, au mois ou à l'année, chez un maître de l'un des deux métiers. Ces valets avaient le droit de nommer deux jurés sur quatre; ils les prenaient parmi les maîtres, tandis que ceux-ci choisissaient les deux autres parmi les valets. Au travail dès le point du jour, les foulons s'interrompaient un instant, pour les deux repas, et finissaient leur journée à six heures en hiver, à huit ou neuf heures en été; ils terminaient de meilleure heure, les veilles de fêtes et dimanches, et avaient leurs chômages, comme les autres métiers. L'état de dépendance dans lequel ils vivaient leur enlevait toute initiative; c'était, en réalité, des ouvriers au service des tisserands de laine.

Dans le groupe des métiers qui mettaient les tissus en œuvre, apparaissent tout d'abord les *braliers*, qui faisaient des *braies*, partie de vêtement ressemblant à la culotte : ils employaient le fil, la soie et même le cuir, devaient coudre loyalement et payaient l'apprentissage, ainsi que la maîtrise, fort cher.

Les *chauciers* se livraient à un travail analogue : ils fabriquaient, soit en toile, soit en soie, des *chauces* ou *chausses*, vêtement enveloppant le corps de la ceinture aux pieds, et dont on a fait, en le coupant, des *hauts de chausses*, des *bas de chausses*, des *sous-chaux*, ou guêtres, et des *chaussons*. Ils pouvaient travailler de jour et de nuit; la couture et les étoffes devaient être irréprochables, sous peine d'amende; le colportage était interdit. L'apprentissage était illimité quant au nombre; mais il coûtait cher, ainsi que la maîtrise; ce qui nuisait beaucoup à la prospérité de cette industrie. Les impôts devaient être à peu près les mêmes que dans les autres métiers.

Les *tailleurs de robes* étaient l'équivalent de nos modernes tailleurs d'habits. La durée de l'apprentissage n'était pas fixée par les statuts : les jurés le déclaraient terminé, après examen de l'apprenti sur la coupe et la couture. Dans un atelier, le maître seul coupait; les valets se bornaient à coudre, et subissaient une amende s'ils s'avisaient de couper clandestinement. Une mauvaise coupe, de la part du maître, donnait lieu à des dommages-intérêts. Le tiers des amendes entrait dans la « boîte », ou caisse de la confrérie. Le salaire des valets était fixe. Quant aux maîtres, obligés de travailler, pendant la nuit, aux commandes pressées des grands personnages, ils voulaient être considérés comme exerçant un métier « noble », et demandaient, en conséquence, d'être dispensés du guet.

Les *laceurs, crépiniers, tissutiers, drapiers et tisserandes de soie* mettaient la soie en œuvre, de la même façon que les braliers, chauciers et tailleurs de robe; ils employaient le fil et la laine, la recevaient des mains des fileresses et lui donnaient diverses formes.

Les *laceurs* faisaient des lacs, des cordons, des rubans, des « coutouères », ou bandes de soie et des « dorelots » — sorte de passementerie en soie. — Le métier, qui était gratuit, exigeait six ans d'apprentissage, avec argent, et huit sans argent. L'homme et la femme travaillaient et pouvaient avoir deux apprentis, indépendamment de leurs enfants.

Les *crépiniers*, sorte de passementiers, travaillaient à l'aiguille et au métier, tant pour le costume que pour l'ameublement; les femmes s'adonnaient plus particulièrement à ce genre de travail. Chaque maître et maîtresse pouvait prendre deux apprentis, indépendamment de leurs enfants; l'apprentissage durait trois ou sept ans, selon qu'il y avait ou qu'il n'y avait pas apport en argent. Les heures et jours de travail et de chômage étaient les mêmes que dans les autres métiers; la surveillance des jurés s'exerçait de la même manière, avec la sanction ordinaire de la saisie et des amendes.

On appelait *tissutiers-rubanniers* les fabricants, ou plutôt les fabricantes de tissus et rubans de soie unie ou façonnée. Tout mélange, toute malfaçon étaient rigoureusement interdits et punis. Des prud'hommes et des prudefemmes surveillaient activement ce métier, ainsi que celui des *tisserandes de soie*, qui s'en rapprochait beaucoup. Dans ces métiers de luxe, toute falsification, tout détournement étaient sévèrement punis; le nombre des fils de la chaîne et la mesure des étoffes devaient être conformes au type déposé. L'apprentissage durait six ou huit ans; le métier était vénal; mais les fils de maître succédaient généralement à leur père. On pouvait travailler la nuit pour le roi et les princes.

Les *merciers* complétaient la série des industriels travaillant à la décoration du costume. C'était une communauté fort importante et rigoureusement administrée par les gardes du métier. Au moyen âge, le luxe de la parure était porté très loin; il suffit, pour s'en convaincre, de jeter un coup d'œil sur les miniatures représentant les fêtes et cérémonies, et de lire, dans les inventaires et comptes, les descriptions ou nomenclatures des mille objets sortant des magasins des merciers. C'étaient des ornements en or, en argent, en perles, en pierres précieuses; on en bordait les chapeaux; on en garnissait les corsages, les robes, les manteaux, etc., selon les dispositions les plus variées : attaches, tresses ou tressons, cercles, cordons, orfrois, franges, etc. Tous ces motifs de décoration devaient être vrais et sans mélange; ni dorure ou argenture, ni perles fausses, ni pierreries imitées, ni fil autre que la soie, sous peine d'amende et de confiscation. Ce métier, comme les précédents, se maintenait généralement dans les mêmes familles.

Aux industries vouées à l'ornementation du costume se

rattachaient naturellement celles qui fabriquaient et vendaient les accessoires de la toilette masculine et féminine, tels que ceintures, gants, bourses, aumônières, etc. Les *courroyers*, ou *ceinturiers*, faisaient des courroies ou ceintures plus ou moins richement décorées et servant à rehausser le luxe du vêtement; ils formaient une sorte de dépendance du métier des merciers et des boucliers, près desquels ils se plaçaient aux Halles. Abonnés aux grandes foires de Champagne, de Saint-Denis, de Saint-Germain, ils y figuraient ou se faisaient exempter. L'apprentissage, qui durait six ans, comprenait des enfants des deux sexes; les maîtres et les valets étaient peu nombreux.

Les *gantiers* achetaient le métier et ne payaient que le hauban ; ils étaient sous la dépendance du chambrier du roi. Astreints à vendre chez eux, ou aux halles, ils ne pouvaient rien colporter; on permettait à quelques-uns d'entre eux, à tour de rôle, de vendre le dimanche, sans doute parce que les offices, cérémonies et réunions de ce jour offraient des occasions de vente.

Les *boursiers* fabriquaient divers objets de toilette en étoffe ou en cuir, tels que bourses, aumônières, etc. ; ils achetaient le métier, dépendaient du grand chambellan, devaient le *hauban* et la coutume pour leur commerce, ainsi que le droit de place aux foires.

Quatre métiers se partageaient la fabrication et la vente de la chaussure : c'étaient les *sueurs*, les *cordouaniers*, les *savetiers* et les *savetonniers*. Ils recevaient leurs marchandises des *tanneurs*, *mégissiers*, *pelletiers* et *baudroyers-corroyeurs*, qui formaient une ou plusieurs corporations représentées par les derniers de ces travailleurs, fournisseurs habituels des ouvriers chargés de mettre le cuir en œuvre. Le métier des *baudroyers-corroyeurs*, dans lequel se résumait l'industrie de la préparation des peaux, était fort important : l'apprentissage y était long, les jurés plus nombreux qu'ailleurs, et la surveillance rigoureuse pour assurer, dans la manipulation des cuirs, la bonne qualité de la marchandise. Divers impôts pesaient sur le métier.

Lorsque les baudroyers-corroyeurs, qui tenaient les matières premières des tanneurs, mégissiers et pelletiers, leur avaient donné la dernière forme, les *sueurs*, *cordouaniers* et *savetonniers* s'en emparaient. Les premiers, qui avaient une existence distincte, bien que leur travail consistât à coudre les chaussures — ce qui est une partie de la besogne du cordonnier — avaient des rapports nécessaires avec les cordouaniers qui employaient le cordouan, ou cuir préparé à la façon de Cordoue, et les savetonniers qui ne mettaient en œuvre que la basane. Ceux-là fabriquaient des chaussures de première qualité, tandis que ceux-ci, employant une peau moins solide, ne faisaient que des souliers de second ordre. Les deux métiers s'achetaient au chambellan et au chambrier du roi ; on payait les impôts ordinaires; on pouvait s'exonérer du guet en payant une somme d'argent, et l'on devait s'abstenir du travail de nuit, excepté pour soi-même et pour les princes. Les cordouaniers étaient astreints à une redevance spéciale connue sous le nom de « heuses, » ou bottines du roi, et payable la veille de Pâques; ils l'acquittèrent en nature d'abord, puis en argent. Une surveillance rigoureuse s'exerçait sur les deux métiers, en vue de prévenir l'emploi de la mauvaise marchandise, ou le mélange de qualités différentes. Le nombre des apprentis et des valets était illimité.

Les *savetiers* occupaient, comme aujourd'hui, le dernier rang dans l'industrie de la chaussure ; à Paris ils achetaient le métier des écuyers du roi, qui les faisaient surveiller par un agent : les mauvaises coutures et mauvaises réparations donnaient lieu à une amende.

Aux métiers qui travaillaient le cuir pour en faire des chaussures à l'usage de l'homme, se rattachaient naturellement ceux qui concernaient la sellerie et le harnachement. La chevalerie, les joûtes et tournois avaient donné naissance à de nombreuses industries entre lesquelles se partageait la fabrication des divers objets composant l'équipement du cavalier et les harnais de sa monture. Ce partage prouve, comme dans les autres métiers de luxe, la prospérité des industries de cette sorte : un métier pauvre s'étend pour fournir à la dépense de celui qui l'exerce ; un métier riche se divise, parce que chaque spécialité produit des ressources suffisantes.

Les cinq ou six industries de cet ordre paraissent n'avoir composé, en réalité, qu'une seule et même corporation, à la tête de laquelle étaient placés les *selliers*, comme ouvriers principaux ; les jurés et les administrateurs de la confrérie étaient pris parmi eux. Après les selliers venaient les *chapuiseurs*, les *blasonniers*, les *peintres-selliers*, les *lormiers* et les *bourreliers*.

Nous avons qualifié les *selliers* d'ouvriers principaux : tout prouve, en effet, qu'ils étaient à la tête de la fabrication et qu'ils en réunissaient les divers éléments, pour produire une œuvre complète. Ils pouvaient avoir deux apprentis, l'un peintre et l'autre garnisseur, sans compter leurs propres enfants ou ceux qu'ils élevaient « por Dieu, » c'est-à-dire par charité. La durée de l'apprentissage était de huit ans, et le prix de huit livres.

Les *chapuiseurs de selle*, ou *arçonniers*, faisaient la charpente de la selle. Le bois devait être de pur cœur de chêne ; s'il y avait de l'aubier, on perçait le morceau de bois, qui ne servait plus dès lors qu'aux selles de charretiers. On interdisait la réparation d'une vieille selle, de peur qu'elle ne fût vendue comme neuve; on prohibait également le mélange de plusieurs bois.

Les *blasonniers*, ou *cuireurs* de selles, d'arçons et de blasons, s'occupaient de disposer des écussons sur la selle, après l'avoir garnie, rembourrée et cousue ; artisans et artistes, ils étaient en réalité les auxiliaires des selliers, et, s'ils ne travaillaient pas dans le même atelier, leurs rapports avec eux devaient être fréquents.

Quand la selle ainsi établie présentait toutes les qualités requises, quand on n'y trouvait ni mélange de mauvais bois, ni dissimulation de cuir inférieur — ce qui en eût entraîné la destruction par le feu — les *peintres-selliers*, les *blasonniers* s'en emparaient : les uns décoraient les hauts arçons d'ornements en peinture ou en dorure très épaisse, de manière à pouvoir défier le choc; les autres figuraient un, deux, trois écussons, et autres ornements sur les selles destinées aux chevaliers et autres nobles personnages. Indépendamment des selles militaires, le groupe des ouvriers du métier fabriquait encore des selles pour les dames et les gens de religion : elles étaient alors en bois verni, ou peintes en blanc, garnies de clous étamés ou dorés, recouvertes de velours, ornées de lacs de soie et autres broderies. Toute cette ornementation était affaire de fantaisie ; l'ouvrier ne devait en décorer la selle qu'après avoir constaté la bonne fabrication de cet objet.

Le travail des diverses pièces du harnachement appartenait aux *lormiers*, pour les rênes, guides et courroies de quelque valeur, et aux *bourreliers*, pour les mêmes objets destinés aux chevaux de trait. La bonne qualité des cuirs, du poil ou des étoffes, était prescrite, sous peine d'amende et de destruction des produits défectueux.

Les industries de la sellerie et du harnachement étaient placées à Paris sous la surveillance d'un maître mandataire du chambellan et du connétable, seigneurs justiciers du métier. Ce maître, assisté de trois jurés, faisait de fréquentes visites dans les ateliers, saisissait les objets défectueux et les livrait au Prévôt royal qui les faisait brûler.

La coiffure ordinaire était représentée par deux métiers, les *chapeliers de feutre* et les *chapeliers de coton*; celle de luxe comprenait les *chapeliers* de *fleurs*, de *paon* et d'*orfrois*. Dans la chapellerie commune, l'apprentissage était de sept ans ; le travail commençait avec le jour et était interdit pendant la nuit. On prohibait le colportage ; mais, en revanche, il était permis de vendre le dimanche — autorisation dont jouissaient également les

gantiers, à raison des cérémonies et fêtes de ce jour ; — mais chaque chapelier avait son tour de vente. La discipline intérieure du métier était sévère; on brûlait les chapeaux et bonnets défectueux, sans préjudice de l'amende. Le feutre devait se composer exclusivement d'*aignelin*, ou laine d'agneau, auquel on pouvait joindre une certaine proportion de coton, denrée alors fort rare. Tout vieux chapeau retapé et vendu comme neuf était « ars ».

Les *fourreurs de chapeaux* rembourraient d'étoupe et de laine les bonnets qui se portaient sous le casque ; le métier, qui dépendait peut-être des chapeliers, avait cependant ses apprentis, ses valets et ses maîtres distincts.

Il faut ranger dans la catégorie des coiffures de luxe les chapeaux de fleurs et ceux qu'on décorait de plumes de paon et d'orfrois. Les petits métiers qui s'occupaient de cette fabrication sont représentés aujourd'hui par les fleuristes et les modistes; ils étaient libres, en ce sens que les fleurs tressées en couronnes, ou chapeaux, pouvaient être vendues dans la ville; ils étaient « nobles », parce que ce genre de travail était réservé aux églises et aux personnages de distinction.

Un dernier métier appartenant au groupe du vêtement les résumait tous : c'était celui des *fripiers*, qui embrassait l'achat et la vente de toutes les pièces du costume, confectionné ou non, mais à l'état vieux. Un commerce si vague et si mal défini prêtait facilement à la fraude, tant dans la vente que dans l'achat; aussi la surveillance était-elle extrême. Les fripiers relevaient, à Paris, du chambrier du roi, qui faisait exercer, sans aucune assistance de jurés, la justice et la police du métier par un mandataire ou « commandement » ayant les pouvoirs les plus étendus, même celui de faire brûler publiquement les marchandises suspectes. C'est de lui qu'on achetait le métier, lui que reconnaissaient les valets. Les apprentis n'avaient ni temps fixe à faire, ni somme déterminée à payer. Le métier, on le voit, était traité avec dédain, et la manière dont il s'exerçait justifiait l'état de suspicion dans lequel on le tenait. Tout aspirant à la friperie devait jurer de ne rien acheter ni à des voleurs, ni à des lépreux, ni à des gens mal famés ; il ne devait acquérir aucun objet mouillé ou sanglant, dont il ignorât la provenance, ni aucun objet d'église qui ne fût authentiquement réformé. Quand il commettait cette infraction, il était privé de l'exercice du métier et devait l'acheter de nouveau. Dans la pratique de ce commerce, le maître intervenait partout et toujours ; il connaissait des sociétés, partages, dettes, pertes, bénéfices, etc., aussi bien que des contraventions. Dans les contestations entre fripiers et bourgeois, ceux-ci étaient crus sur parole, et le fripier convaincu de tromperie pouvait être traduit devant la juridiction administrative ou criminelle. Les plus méprisés d'entre eux, parce qu'ils achetaient de toutes mains et vendaient à tout venant, étaient les marchands ambulants criant : « la cote et la chape » ! ce qui équivalait à notre cri moderne : « habits, galons » ! Cependant les fripiers achetaient le métier à un bon prix, faisaient le guet et payaient d'assez forts impôts. Ce qui contribuait le plus à les déconsidérer, c'est que, derrière chacun d'eux, on croyait voir un voleur ou un receleur.

3° *Groupe du logement et de l'ameublement.* Ce groupe, moins important, comme nombre, que les précédents, comprenait les *maçons*, *plâtriers*, *tailleurs de pierres*, *mortelliers*, *charpentiers*, *huissiers*, *huchiers*, *tourneurs*, *lambrisseurs*, *couvreurs*, *charrons*, *cochetiers*, *tonneliers*, et autres petits métiers, qui sont allés se développant au fur et à mesure que s'accroissait le luxe de l'intérieur. Placés sous la juridiction du maître maçon du roi, les *maçons*, *plâtriers* et *mortelliers* de Paris faisaient remonter leurs statuts à Charles Martel, et l'on comprend, en effet, qu'un métier de première nécessité, comme le leur, ait dû se constituer de bonne heure. Le maître vendait la maîtrise, levait les amendes, interdisait le métier, confisquait les outils, quand il y avait lieu, et traduisait les délinquants devant le prévôt royal, lorsque le cas était grave. Le choix des matériaux, la bonne composition des plâtres et des mortiers, la justesse de la taille, l'exactitude de l'appareillage étaient l'objet d'une grande surveillance. Les maîtres, dans l'intérêt de la corporation, s'engageaient par serment à se surveiller les uns les autres et à ne point divulguer les secrets du métier ; ils avaient des apprentis pour six ans, des valets se louant pour un temps plus ou moins long, une confrérie et une « boîte, » ou caisse de secours.

Les *charpentiers* étaient soumis à l'autorité du charpentier royal, comme leurs confrères les maçons l'étaient à celle du maître maçon du roi; ils se divisaient en plusieurs catégories, que nous avons énumérées plus haut et qui comprenaient tous les ouvriers « euvrant du trenchant en merrien », c'est-à-dire travaillant le bois. Les charpentiers proprement dits étaient appelés *grossiers*, parce qu'ils établissaient la grosse charpente; les *huissiers* faisaient les huis ou portes, avec leurs montants; les *huchiers* fabriquaient les huches, coffres, armoires, dressoirs, etc.; les *tourneurs* travaillaient aux tables et aux sièges; les *lambrisseurs* fabriquaient les boiseries, les solives, les planchers et parquets; les *couvreurs* s'occupaient, comme aujourd'hui, des toitures, dans lesquelles le bois entrait alors pour une forte proportion ; les *tonneliers* et les *charrons* meublaient, comme de nos jours, le cellier, la cave et la remise; enfin les *cochetiers* faisaient des coches, ou bateaux de commerce et de plaisance. Le charpentier royal, fort compétent dans la matière, avait mis ces diverses communautés sur un bon pied; il avait réglé l'apprentissage, le nombre des valets et le travail de jour, interdit le travail de nuit, les malfaçons et emplois de mauvais bois. Cet officier représentait, avec le maçon du roi, la fameuse « maîtrise des œuvres » qu'on retrouve plus tard dans toutes les constructions royales, et qui fut exercée par des architectes éminents.

4° *Groupe des ustensiles, outils, armes, objets mobiliers et de fantaisie en matières et métaux communs* On trouve ici une grande variété de métiers. Les premiers se rattachaient à l'ameublement, parce qu'ils servaient à garnir les dressoirs et les huches ; ils étaient exercés par les *potiers d'étain*, les *potiers de terre*, les *écuelliers* et les *magnans*, ou chaudronniers ambulants. Ces artisans ne travaillaient que pour le peuple ou la petite bourgeoisie ; les classes riches et titrées s'adressaient aux orfèvres et aux tablétiers, pour leur vaisselle et leurs petits meubles de luxe.

Les *potiers d'étain* et les *magnans* avaient apprentis, valets, maîtres, statuts et amendes ; les *potiers de terre*, à la fois fabricants et vendeurs, possédaient des ateliers de manipulation, des roues, un four et une boutique. La terre à poterie et « l'embousement », ou vernis, étaient soumis à une surveillance sévère; il y avait amende en cas de contravention. Les potiers de terre payaient un impôt de fabrication, un impôt de commerce et leur place aux halles.

Les *écuelliers* fabriquaient et vendaient des hanaps de bois et de madre — pierre veinée et bois dur, — des auges, des fourches, des pelles, des bêches, des pieux ; ils étaient exempts du guet, moyennant une redevance de sept auges pour les celliers royaux.

Les ouvriers qui travaillaient le fer, le cuivre, le laiton, l'archal, l'étain, afin de pourvoir aux besoins de l'outillage, de l'ustensillage et aux diverses nécessités des classes les plus nombreuses, étaient répartis en une vingtaine de communautés, et tendaient, comme les ouvriers et ouvrières en tissus, à se diviser indéfiniment, parce que ces métiers étaient francs. On distinguait d'abord les ouvriers en fer désignés par l'appellation générale de *fèvres*, et comprenant les *fèvres-ma-*

réchaux, les *fèvres-coutelliers* et les *fèvres-serruriers*. Venaient ensuite les ouvriers en substances diverses et en métaux divers : *couteliers de manches*, *serruriers de cuivre*, *batteurs d'archal*, *batteurs d'étain*, *ouvriers de menues œuvres en étain et en plomb*, *tréfiliers de fer et d'archal*, *fondeurs-mouleurs*, *lampiers*, *boucliers de fer et de cuivre*, *cloutiers-attacheurs*, *fermaillers*, *patenôtriers*, *épingliers*, *gaîniers*, *garnisseurs de gaînes*, *peigniers-lanterniers*, *tabletiers*, *déciers*, *boutonniers*, etc.

Les trois métiers de *fèvres* s'achetaient et étaient soumis au maréchal du roi ; les *fèvres* avaient apprentis, valets et maîtres et pouvaient travailler la nuit, sauf les serruriers, parce qu'on craignait la fabrication clandestine des fausses clefs. Les *maréchaux* avaient à s'acquitter d'une redevance particulière pour « les fers le roi » ; ils la payaient en argent, à la Pentecôte ; le nombre de leurs apprentis était illimité.

Les *fèvres-couteliers*, fabricants de lames de couteaux, étaient assimilés aux maréchaux, quant à l'achat du métier, à la surveillance et aux amendes.

Les serruriers, plus contrôlés que les autres, devaient fournir de bonnes serrures, sous peine de les voir « arses » ; ils ne pouvaient faire une nouvelle clef qu'autant qu'ils avaient la serrure sous les yeux.

Ces corporations ouvrières avaient des sous-corporations de *greffiers*, *heaumiers*, *vrilliers*, *grossiers* et autres ouvriers travaillant le fer. Le maréchal du roi les groupait autour des fèvres pour le service du guet, les « montres » et cérémonies publiques.

Les *couteliers de manche* — chose étrange — n'avaient pas de rapports avec les fabricants de lames ; ils se bornaient à travailler le manche des couteaux et à les emmancher ; ils faisaient également des peignes en ivoire et les emmanchaient. Les malfaçons et l'emploi du clinquant étaient punis d'une amende.

Les *serruriers en cuivre* etaient rigoureusement surveillés, comme leurs confrères travaillant le fer, et ne devaient pas œuvrer la nuit. On les appelait aussi *boitiers*, parce qu'ils fabriquaient de petites serrures destinées à fermer les boîtes, écrins et petits meubles.

Les *batteurs d'archal* employaient une sorte de laiton ou d'alliage, dont la composition est peu connue ; ils ne travaillaient pas la nuit, parce que leur métier était trop pénible.

Les *batteurs d'étain* faisaient, de ce métal, des feuilles qu'on teignait de diverses couleurs et qui servaient à l'ornement.

Les *ouvriers de menues œuvres en étain et en plomb* fabriquaient des sonnettes, des anneaux, des méreaux, sorte de jetons, etc.

Les *tréfiliers de fer et d'archal* formaient deux petites corporations distinctes ; ils pouvaient prendre un nombre illimité d'apprentis ; mais ils avaient le tort d'exiger dix années d'apprentissage.

Les *fondeurs-mouleurs* faisaient, entre autres objets, des sceaux ou cachets de fantaisie en cuivre ; mais il leur était interdit, sous les peines les plus sévères, de rien fabriquer qui pût aider à la contrefaçon des sceaux du roi et des seigneurs ecclésiastiques ou laïques.

Les *lampiers* fabriquaient des chandeliers et des lampes en cuivre ; ils étaient, par conséquent, eux aussi, fondeurs et mouleurs.

Les *boucliers de fer et de cuivre* produisaient, les uns de gros anneaux en fer, les autres des boucles moyennes et petites en archal, cuivre et laiton.

On appelait *cloutiers-attacheurs* des ouvriers qui fabriquaient des clous, attaches, mordants et plaques à mettre sur les ceintures et courroies ; ce qui les subordonnait, dans une certaine mesure, aux courroyers.

La fabrication des dés à coudre, des crochets et boucles de couture, des agrafes de manteaux, des fermoirs de livres, etc., étaient du domaine des *fermaillers*.

Celle des chapelets ordinaires, sur lesquels on débite ses patenôtres (*pater noster*), appartenait aux *patenôtriers communs*, qui faisaient, en outre, toutes sortes de grains et petites boules, noyaux ou boutons en os, corne et ivoire, ainsi que des boucles de souliers en métal.

Les *épingliers*, dont le nom s'est conservé dans plusieurs villes de France, et que représentent nos modernes quincailliers, fabriquaient et vendaient divers petits objets en fil de métal ; ils fourbissaient et empesaient, disent leurs statuts.

Les *gaîniers* confectionnaient, comme aujourd'hui, des écrins pour enfermer les bijoux et les vases précieux, des fourreaux et des carquois ; ils employaient, à l'état de cuir bouilli, les peaux de vache, veau, bœuf, cheval et âne. D'autres ouvriers, nommés *garnisseurs de gaînes*, disposaient sur le travail des gainiers, des cercles, des viroles, rivets, crampons, bandes et autres garnitures de métal, le tout bien soudé, bien bruni, bien fort, sous peine de destruction et d'amende.

Le bois, la corne et l'ivoire étaient les substances que travaillaient les *peigniers-lanterniers* ; on adaptait alors des manches aux peignes, et l'on amincissait la corne et l'ivoire de manière à les rendre transparents, pour la fabrication des lanternes.

Les *tabletiers* faisaient des « tables à escrire ou a pourctraire », comme les tablettes des Grecs et des Romains ; c'étaient de petits carnets composés de minces plaquettes en bois dur, en ivoire ou en corne ; on les enduisait de cire pour écrire et on les portait, suspendues à la ceinture, par des chaînettes ou des lacs de soie. Ils durent également fabriquer plus tard, comme leurs confrères modernes, de petits meubles de luxe. Les bois les plus employés par les tabletiers étaient le hêtre, le buis, le cèdre, l'ébène, le cyprès, le tamaris, le bois rouge, ou bois du Brésil, qui venait alors de l'Orient.

Les *déciers*, très petite communauté probablement, faisaient avec du bois, de la corne, de l'os, de l'ivoire, des dés à jouer, bien que le jeu de dés ait été l'objet de diverses prohibitions légales. Ce genre de fabrication était soumis à une surveillance active ; on condamnait l'ouvrier à l'amende et l'on brûlait tous les dés travaillés de façon à favoriser la fraude.

Les *boutonniers*, qui portaient aussi le nom de *déciers de cuivre et de laiton*, fabriquaient, outre les boutons et les dés à coudre, des épingles, ou broches, dans lesquelles on enchâssait des pierres et des boutons, et qui constituaient un bijou à bon marché.

Tous ces petits métiers étaient francs et tendaient, par cette franchise même, à se subdiviser à l'infini. Ils étaient trop nombreux pour que chacun formât une communauté distincte ; mais ils avaient leurs règlements particuliers, leurs impôts, leurs amendes, et un ou deux jurés qui les représentaient dans les grandes communautés auxquelles ils se rattachaient. L'apprentissage était long : il durait huit ou dix ans, selon que l'apprenti versait ou ne versait pas d'argent. Ils avaient des confréries particulières, ou communes, et des « boîtes », ou caisses de secours, soit pour chaque petite corporation en particulier, soit pour l'ensemble du grand métier. La plupart vendaient aux Halles et louaient des étaux pour écouler leurs marchandises.

Le sous-groupe de l'armurerie comprenait, au XIII^e^ siècle, les *heaumiers*, les *haubergiers*, les *archiers* et les *fourbisseurs*, professions qui ont dû se modifier avec l'invention de nouvelles armes.

Les *heaumiers* fabriquaient le *heaume*, ou casque ; les *haubergiers* faisaient les hauberts, cottes de mailles et autres armures défensives en métal ; les *archiers* produisaient des arcs, des flèches, des carreaux, des arbalètes, soit en bois, soit en corne. et empennaient les flèches et carreaux. Ces artisans, travaillant pour les hommes d'armes, ne devaient point le guet et n'achetaient pas le métier ; ils prenaient autant d'apprentis et

de valets qu'ils le voulaient, n'avaient aucun impôt à payer et travaillaient quand bon leur semblait. De tels privilèges prouvent que le roi et les barons, dont ils étaient les fournisseurs, les traitaient avec la plus grande faveur. Chose étonnante, les fourbisseurs d'épée, qui appartenaient au même sous-groupe, ne participaient point aux prérogatives des autres ouvriers en équipement militaire ; ils ne jouissaient que de la franchise du métier et d'un nombre illimité d'apprentis ; pour tout le reste, ils étaient astreints aux obligations des corporations ordinaires. On ne voit pas bien la cause de cette différence.

5° *Groupe de l'orfèvrerie, de la joaillerie, de la sculpture, de la peinture et autres métiers de luxe.* L'importance de ce groupe ne se mesurait pas au nombre des métiers dont il se composait, mais à la richesse des maîtres qui les exerçaient et au prix des marchandises qu'ils mettaient en œuvre. L'orfèvrerie, en particulier, était une industrie essentiellement parisienne : le Grand-Pont, ou Pont-aux-Changeurs, qui était alors le centre de Paris, était bordé de boutiques d'orfèvres, où s'étalaient non seulement les « monstrances », calices, châsses, reliquaires et autres objets religieux, mais encore les « nefs », hanaps, coupes, aiguières, vases d'or et d'argent qui garnissaient les dressoirs. Jean de Jandun et Guillebert de Metz, que nous avons déjà cités, ne tarissent pas sur les merveilles que produisaient, de leur temps, les orfèvres parisiens. La tradition faisait remonter à saint Eloi ce riche et artistique métier, qui avait sa chapelle, sa confrérie et était en possession de porter le dais sur le Saint-Sacrement le jour du *Corpus Christi*.

Comme exerçant un métier noble par excellence, les *orfèvres* étaient dispensés du guet et du péage des marchandises ; ils pouvaient travailler la nuit pour la maison du roi ou de l'évêque. Chaque dimanche, une boutique d'orfèvre était ouverte à tour de rôle, et le bénéfice provenant de la vente était consacré à un repas qui se donnait, le jour de Pâques, aux pauvres de l'Hôtel-Dieu. La plus grande discrétion régnait dans le métier, tant sur la valeur des marchandises mises en œuvre, que sur les procédés de fabrication. L'apprentissage était de dix ans; mais la durée en était abrégée pour les apprentis intelligents. Une discipline sévère, exercée par trois jurés et pouvant aller jusqu'au bannissement du métier, garantissait la pureté des matières précieuses employées.

Nous avons déjà parlé des *patenôtriers*, à propos des ouvriers en menues œuvres ; il nous faut y revenir dans le groupe des métiers de luxe, à propos de ceux qui employaient le jais, l'ambre, le corail, la nacre, et constituaient ainsi une corporation distincte, se rattachant à celle des *cristalliers*, ou lapidaires. L'entrée du métier était difficile, et une discipline extrêmement sévère y régnait. L'apprentissage durait huit, dix ou douze ans, selon la spécialité à laquelle on se vouait ; les ouvriers n'étaient admis qu'après avoir prêté serment et sur solides garanties d'instruction et de bonne conduite. De très fortes amendes atteignaient les contrefacteurs ; ce qui prouve que les patenôtriers de luxe altéraient volontiers les matières qu'ils mettaient en œuvre. Travaillant principalement pour l'Eglise, ils étaient cependant scrupuleux observateurs de ses lois et se soumettaient à tous les chômages prescrits par elle.

Les *cristalliers*, *pierriers*, *joailliers* ou *lapidaires* taillaient le cristal de roche et les pierres fines. Le métier était soumis à des règlements sévères ; l'apprentissage, aussi long que dans l'orfèvrerie, était interrompu à la mort du maître, la veuve étant considérée comme incapable de le continuer. Les valets devaient, comme ceux des patenôtriers, fournir les meilleures garanties. Quoique franc, le métier était coûteux à exercer, à cause des achats de matières précieuses qu'il nécessitait ; il n'avait à subir ni péage, ni tonlieu, ni guet, en sa qualité de métier noble.

Deux petits métiers se rattachaient à ceux des cristalliers, des patenôtriers de luxe et des orfèvres ; c'étaient ceux des *batteurs d'or en fil* et des *batteurs d'or en feuilles*, qui préparaient, en effet, les matières nécessaires à leurs riches confrères. Les premiers, après avoir frappé le métal avec le marteau, l'étiraient ou le découpaient en fil, pour les étoffes et les broderies d'or ; les seconds réduisaient le métal battu en feuilles, lames et lamettes de dimensions diverses, selon l'usage qu'on en voulait faire. On employait notamment ces lames à la décoration des meubles et objets d'ameublement de luxe. L'existence de ces deux petites corporations, si intimement liées, par la nature de leur travail, aux grandes communautés dont elles n'étaient que les auxiliaires, prouve une fois de plus combien l'industrie, au moyen âge, était particulariste et exclusive.

La distinction moderne entre l'artiste et l'artisan n'existait pas au moyen âge ; la sculpture et la peinture constituaient donc des métiers, et on les trouve enregistrées comme tels dans le livre d'Etienne Boileau. Les sculpteurs y sont qualifiés d'*imagiers-tailleurs* ; ils sculptatent des statues, statuettes, crucifix et autres objets de religion ou de luxe, Ne travaillant que pour l'Eglise, les rois, les princes et les grands seigneurs, ils étaient exempts du guet, ainsi que des impôts industriels, et ne payaient que les redevances bourgeoises. Les *imagiers-peintres* appliquaient l'or et la couleur sur les objets travaillés par les imagiers-tailleurs ; on sait, en effet, que la statuaire polychrôme, imitée de la Grèce, a été en grande faveur pendant tout le moyen âge et qu'on y a renoncé seulement à l'époque de la Renaissance. Les deux catégories d'imagiers jouissaient des mêmes privilèges et étaient soumises à la même discipline : aucune malfaçon ou contrefaçon n'etait tolérée ; des grattages et des réfections obligatoires remplaçaient la destruction, de règle dans les autres métiers. et cela par respect pour l'Eglise.

Il nous reste à parler, pour compléter notre revue des industries de luxe, des *barilliers* et des *tapissiers*, qui se rattacheraient plus naturellement aux tabletiers et aux tisserands, si l'on ne considérait que la fabrication, mais qui trouvent leur place dans la nomenclature des métiers riches, par le haut prix des matières qu'ils emploÿaient. Les *barilliers* faisaient des barils, ou petits fûts, en bois précieux, en ivoire, en cristal, en argent et même en or, pour y placer des eaux de senteur, des sauces ou condiments, des liqueurs fines, etc. C'était donc un des petits meubles du dressoir et un ornement de la table, comme nos modernes caves à liqueurs. Les barilliers jouissaient des privilèges attachés aux métiers nobles : le droit de travailler la nuit et les jours de fête, l'exemption du guet, le nombre illimité des apprentis, etc.

Les *tapissiers* se divisaient en deux communautés distinctes, les *tapissiers sarrasinois*, ou fabricants de tapis velus, à la façon de ceux d'Orient, et les *tapissiers nostrés*, qui produisaient les tapis ras, ou indigènes. Les uns et les autres devaient se montrer très scrupuleux sur le choix des matières entrant dans la fabrication ; de fortes amendes les atteignaient en cas de contravention. Comme les tisserands de laine, ils avaient le droit de teindre eux-mêmes leurs tapis ; ce qui les rendait absolument responsables de la qualité du tissage et de la teinture. Bien qu'ils travaillassent pour les classes riches, qui seules alors faisaient usage de tapis, les tapissiers n'étaient pas considérés comme exerçant un métier noble : les tisserands les avaient obligés de faire le guet comme eux.

6° *Groupe des industries diverses.* Malgré l'extrême division des métiers, il existait certainement, à Paris, au temps où Etienne Boileau codifia les statuts des corporations ouvrières, certaines industries qui ne se présentèrent pas devant lui dans la personne de leurs jurés, soit qu'elles ne fussent pas régulièrement constituées,

soit qu'elles eussent trop peu d'importance pour faire enregistrer leurs règlements. Deux métiers seulement, qui ne rentrent dans aucune des précédentes catégories, sont encore mentionnés dans ce document : *les étuveurs et les chirurgiens.*

Les premiers formaient une corporation assez importante, puisqu'on comptait, à Paris, 26 maîtres étuveurs à l'époque où fut levée la taille publiée par Géraud (1292). Importées sans doute de l'Orient et peut-être à l'époque des premières croisades, les étuves, ou bains de vapeur, se distinguaient des bains d'eau tiède : on les criait de grand matin, parce que l'usage était de s'y rendre en sortant du lit. Comme en Grèce et à Rome, les étuves auraient dégénéré en lieux de débauche, si des règlements sévères n'avaient prévenu ou réprimé les abus : on ne devait y tolérer ni gens sans aveu, ni lépreux, ni malades, ni personnes de mauvaises mœurs.

Les *chirurgiens*, qui cumulaient, comme on le sait, leurs fonctions avec celles de *barbiers*, étaient, par cela même, considérés comme des artisans, et leur métier ne figurait point parmi les professions libérales. C'est pour ce motif qu'on le trouve dans le livre d'Etienne Boileau. Il n'est question, dans cette communauté, ni d'apprentis ni de valets; au décès d'un chirurgien, les jurés se réunissaient pour lui nommer un successeur, le présentaient à l'agrément du Prévôt et demeuraient garants de sa capacité, ainsi que de sa loyauté. Le métier était rigoureusement surveillé, tant au point de vue du savoir et de l'habileté de l'opérateur, que sous le rapport des crimes ou délits dont l'exercice de sa profession lui donnait connaissance. La révélation était pour lui un devoir strict, et tous les règlements postérieurs au *Livre des Métiers* confirment cette obligation :

Telle est l'économie générale du régime corporatif au XIIIe siècle, c'est-à-dire à l'époque la plus brillante de son existence. Le mouvement des croisades et le règne de saint Louis avaient singulièrement développé l'esprit d'initiative créé par l'octroi des chartes communales. Partout les gens de métier avaient affirmé leur puissance et leurs richesses; partout ils avaient resserré les nœuds qui les unissaient et fait confirmer les privilèges qu'ils déclaraient tenir *ab antiquo*. Le fief ouvrier était entré ainsi dans le système féodal, et les communautés travailleuses étaient devenues, dans les villes, de véritables feudataires; ce fut, nous le répétons, une féodalisation universelle du travail. Les anciens « collèges » gallo-romains, transformés en corporations, suivirent donc la fortune du régime politique auquel ils étaient liés: florissants au milieu du XIIIe siècle, en plein épanouissement de la chevalerie, de l'art ogival, des grandes écoles et du gai savoir, en pleine omnipotence de l'Eglise et de la royauté, ils ne pouvaient que péricliter avec les institutions dont ils étaient en quelque sorte solidaires. Le XIVe siècle, qui vit naître la guerre de Cent ans, le grand schisme d'Occident et les séditions populaires, devait donc être aussi défavorable au monde des métiers que le précédent lui avait été profitable. Au lieu de travailler paisiblement dans leurs ateliers, les maîtres et les ouvriers sont sollicités de prendre part aux événements : ils descendent dans la rue; ils « manifestent »; ils font partie des milices, et leur industrie souffre de cette immixtion dans les choses de l'administration et du gouvernement, comme celle des modernes marchands et bourgeois de Paris a souffert des agissements politiques de la garde nationale.

Moins d'un siècle sépare la rédaction du *Livre des métiers* de la publication de la grande Ordonnance du roi Jean, que nous résumons un peu plus loin; mais, dans cet intervalle, les vices du régime corporatif se révèlent; si bien réglé que paraisse ce mécanisme, il se détraque plus d'une fois, et, le Châtelet, le Parlement, l'autorité royale interviennent pour en réparer les pièces et en rétablir la marche.

Ce qui a dû frapper le lecteur, dans l'exposé que nous lui avons fait de l'organisation ouvrière au XIIIe siècle, ce sont les inconvénients multiples résultant : 1° de l'extrême division de certains métiers; 2° des lenteurs de l'apprentissage et des difficultés de la maîtrise; 3° de l'esprit de routine personnifié dans les fils de maîtres succédant à leurs pères et de l'obstacle apporté à toute innovation par les jurés-visiteurs. Ces principaux vices du régime corporatif ont été parfaitement mis en lumière par les économistes modernes et, en particulier, par M. Levasseur.

« L'extrême délimitation des métiers, dit cet érudit, amenait de fréquents conflits. Il était bien difficile de déterminer exactement les bornes de chaque métier et plus difficile encore de les faire respecter. A quel moment précis un habit devenait-il vieux et tombait-il du domaine du tailleur dans celui du fripier? Les fripiers achetaient des chausses déjà portées, les mettaient sous presse, les pliaient avec soin et leur donnaient ainsi le brillant et la fraîcheur d'une marchandise neuve. Les chaussiers se récrièrent et obtinrent arrêts contre les usurpateurs... » Autre conflit : « Selliers, bourreliers et lormiers avaient trop de rapports les uns avec les autres pour n'avoir pas aussi leurs querelles. En 1299, les lormiers attaquent les bourreliers qui empiétaient sur leur métier...; le prévôt de Paris leur donne raison... En 1314, ce fut le tour des selliers qui se permettaient de fabriquer plastrons, étriers, freins, mors et éperons; les lormiers les firent condamner par le Parlement... » Troisième collision : « Les garnisseurs de pommeaux d'épée avaient le privilège de fabriquer et de vendre la plupart des pièces de métal forgé qui servent à l'armement, telles que viroles, casques et jambarts. Ils s'avisèrent de faire aussi des baudriers, des fourreaux et différents objets de cuir. Les fourbisseurs les firent condamner par le Parlement; mais les garnisseurs établirent une usine à Saint-Denis; nouvelle plainte, nouvel arrêt qui les condamna, parce que leurs statuts leur défendaient de faire exécuter leurs travaux hors de la ville. Ils quittèrent Paris, établirent leur domicile à Saint-Denis et apportèrent leurs marchandises à Paris, en qualité de forains. Les fourbisseurs les attaquèrent de nouveau; mais ils eurent tort parce que leurs concurrents avaient cessé d'être bourgeois de Paris. » M. Levasseur cite encore, comme exemple des graves inconvénients qui résultaient de l'extrême division des métiers, les procès incessants que se firent les tisserands de laine, les teinturiers et les foulons qui concouraient à la fabrication des draps et avaient entre eux des relations trop fréquentes pour demeurer longtemps d'accord. On trouve, dans les *Olim*, la mention des procès qu'ils se firent à des dates très rapprochées (1270-77, 79, 85, 93, 96-1305, 1308, etc.).

Les lenteurs de l'apprentissage et les difficultés de la maîtrise constituaient également l'un des vices de l'organisation corporative. Les apprentis s'enfuyaient ou abandonnaient le métier, rebutés qu'ils étaient par l'excessive longueur de leur séjour chez le maître. Les valets, se voyant ajournés à une époque indéfinie par les patrons, perdaient le goût du métier, devenaient « houliers, rêveurs, mauvais garçons, » renonçaient à faire des économies quand ils désespéraient de pouvoir jamais s'établir, et n'accomplissaient plus qu'un travail machinal, uniquement occupés d'éviter l'amende, mais parfaitement indifférents à la qualité et au fini de la marchandise, Les fils de maîtres, héritiers de l'atelier paternel, n'ayant d'autre souci que d'en continuer les traditions, étaient en trop grand nombre dans les métiers, et se liguaient entre eux pour étouffer tout esprit d'initiative chez les nouveaux maîtres. Enfin les jurés, personnages notables de chaque corporation, mais fabricants et marchands eux-mêmes et intéressés, par conséquent, à ce qu'un confrère ne fit pas mieux qu'eux, étaient naturellement portés à qualifier d'infraction, de contravention, de malfaçon, ou de contrefaçon, tout produit obtenu par un

nouveau procédé. En suivant la routine, on n'avait absolument rien à craindre; en réalisant un progrès, on encourait l'amende et la confiscation; c'en était assez pour s'en tenir aux vieux us et ne rien imaginer de nouveau.

Pourquoi, malgré ces inconvénients palpables, les corporations demeuraient-elles si fortement attachées à leurs vieux règlements? Nous l'avons dit précédemment, et M. Levasseur confirme notre appréciation; les communautés ouvrières tenaient au régime corporatif « parce qu'il leur donnait une position et une puissance qu'isolées elles n'auraient pas eues; c'était leur véritable cité; elles tenaient donc à ses prérogatives et à ses privilèges, et elles les défendaient comme on défend les droits de la patrie. » Si les inconvénients que nous venons de signaler avaient pu se produire en pleine prospérité, c'est-à-dire pendant tout le XIIIe siècle et le premier quart du XIVe, on comprend qu'ils durent s'accentuer davantage encore à partir de l'avènement des Valois. La guerre de Cent ans, en particulier, jeta un grand trouble dans le travail industriel et agricole. En ruinant les cultivateurs par les réquisitions, le pillage et l'incendie, en rançonnant les voituriers par terre ainsi que les bateliers, en empêchant l'arrivée des marchandises par mer, en faisant obstacle à la tenue des foires et des marchés, les belligérants frappaient directement sur les métiers qui ne peuvent travailler si les matières premières leur font défaut. C'est après vingt-cinq ans de gêne industrielle et agricole qu'intervient la grande Ordonnance du roi Jean (1350). Elle jette le cri d'alarme; il y est question, en effet, et à chaque ligne de la misère publique. La « mortalité, » c'est-à-dire l'énorme dépeuplement produit par la peste de 1348, par les rencontres armées et par les bandes qui couraient les campagnes, y est donnée partout comme la raison du renchérissement des denrées et de l'appauvrissement des métiers: « Atendu la grant chierté de vivres et toutes choses, » est-il dit dans le préambule de ce document.

La grande Ordonnance du roi Jean a donc, avant tout, un caractère administratif, policier et modérateur : elle ne règle pas à nouveau; elle n'organise point sur de nouvelles bases les métiers de Paris et du royaume; mais elle introduit dans l'ensemble des statuts, tels que les avait enregistrés Etienne Boileau, des modifications d'une véritable importance. L'historique sommaire du régime corporatif, que nous essayons d'esquisser, ne serait pas complet, si nous ne faisions ressortir l'importance de ces modifications.

On comprend que l'attention principale des conseillers du roi Jean, — promoteurs de l'ordonnance par laquelle le fils de Philippe de Valois inaugura son règne, — dut se porter sur les métiers de l'alimentation : il fallut avant tout assurer la vie matérielle du pays. Aussi, cinquante titres, sur soixante-cinq, sont-ils relatifs au travail agricole et aux industries urbaines de première nécessité. Les métiers de luxe, dits métiers « nobles, » sont passés sous silence, soit qu'ils pussent alors se suffire à eux-mêmes avec leurs bénéfices antérieurs, soit que le législateur n'ait pas cru devoir s'en occuper.

L'Ordonnance vise d'abord les *meuniers*, *talemeliers*, *fourniers* et *pâtissiers*, ainsi que les *mesureurs* et menus officiers des grains et farines. La vente de tout espèce de grains doit avoir lieu sur les places accoutumées et sous l'œil du public.

Les *mesureurs* doivent être munis de leurs « minot et demi-minot, boissel et demi-boissel. » Il leur est enjoint de verser un cautionnement et interdit de cumuler leurs fonctions avec le commerce des grains; défense leur est faite de louer à des marchands et même d' « héberger » gratuitement « grains à autruy » dans leur grenier; tellement on redoute l'accaparement et la hausse factice.

Les *meuniers* sont rigoureusement astreints à rendre poids de farine et de son pour poids de blé, et les agents du « poids le roy » doivent se montrer impitoyables à leur égard.

Les *talemeliers*, *fourniers* et *pâtissiers* voient leurs statuts modifiés sur deux points principaux : 1° on leur retire la nomination des jurés du métier; 2° on leur impose un poids fixe pour le pain qu'ils vendent au public. Aux termes de l'ordonnance « les quatre preudhomes qui visiteront le pain, tant de Paris comme des autres villes, ne seront mie tallemeliers et seront commis chascun an par le Prévost de Paris ou par l'un des auditeurs de Chastelet et le Prévost des marchans à Paris, et hors par les hauts justiciers. » Cette destitution, car c'en est une, est la preuve des abus qui avaient dû se commettre dans le métier et dont les jurés, par une indulgence coupable, s'étaient sans doute rendus complices. La seconde modification a trait à la fixité du poids; on sait que sous l'empire de la réglementation en vigueur jusque-là, le prix seul du pain était invariable; on se bornait à en diminuer ou à en augmenter la grosseur selon le haut ou le bas prix du blé. Il faut croire que la cherté des grains était devenue telle que les talemeliers ne livraient plus, à l'ancien prix, qu'un morceau de pain tout à fait insuffisant pour le consommateur. Ce changement radical dans le commerce de la boulangerie est considéré, par les auteurs de l'ordonnance, comme étant de la plus haute importance, car les peinalités édictées ont leur gravité. « Si les preudhomes treuvent le pain de meindre poix qu'il ne doibt estre, ilz donneront por Dieu la *fournée*, sans nul y espargner, et, avec ce, le tallemelier sera condampné en soixante solz d'amende. » Suit une détermination exacte du poids que doit avoir chaque pain: double, demie, denrée, etc. Voici donc deux points sur lesquels la réglementation enregistrée par Etienne Boileau, moins d'un siècle auparavant, est radicalement *modifiée*.

Il en est un troisième, plus significatif encore, et qui serait comme la proclamation anticipée du régime moderne de la libre concurrence, s'il n'avait le caractère d'une menace, ou tout au moins d'une dérogation provisoire, et pour cause de force majeure, au principe du monopole. Toujours au nom de l'axiome *Salus populi suprema lex esto*, après avoir interdit aux bouchers d'aller au devant des marchands de bétail, de garder et de vendre de la viande gâtée et de dissimuler, sous un prétexte quelconque, le prix payé par eux aux marchands de bestiaux, on les oblige à se contenter d'un gain modeste, sous peine d'être privés du métier, et on leur tient, en outre, ce langage comminatoire, au cas où ils feraient résistance : « Et donneroit on congié à toutes manières de gens de faire et eslever boucherie en quelque lieu que il leur pleroit, pourveu que ilz vendent chairs bonnes loyaulx et souffisans. »

Les autres métiers de l'alimentation sont traités moins rigoureusement, parce qu'ils sont de moindre nécessité que la boulangerie et la boucherie.

Les *poissonniers de mer et d'eau douce* sont cependant assimilés aux marchands de pain et de viande, à raison du carême et des jeûnes nombreux que l'Eglise imposait alors aux fidèles. Une longue et minutieuse réglementation détermine : 1° le prix d'achat du métier; 2° le cautionnement à fournir; 3° la défense d'aller au devant des marchands en gros; 4° l'obligation de vendre le poisson frais, le jour de son arrivée; 5° l'interdiction de s'associer aux pêcheurs et mareyeurs pour élever les prix; 6° les confiscations et amendes à prononcer en cas de déloyauté dans la composition des paniers, ainsi que dans le nombre et la qualité du poisson. La destitution, dont l'Ordonnance frappe les jurés de la boulangerie, atteint, en partie ceux de la poissonnerie; les maîtres du métier ne font plus qu'assister à leur nomination : « Quatre preudhomes seront esleuz par le prevost de Paris, ou l'un des auditeurs de Chastelet, appellés à ce le procureur du Roy, le prevost des marchands, et plu-

sieurs des plus loyaulx et souffisans bonnes gens de la ville de Paris estans et demourans ès Halles. »

Il y a là bien évidemment une restriction considérable du pouvoir bourgeois et marchand en faveur de l'autorité royale, protectrice du consommateur contre les exigences du producteur et du vendeur. La corporation ouvrière et marchande est un fief qui use et abuse de ses droits; la royauté le contient et le limite dans l'intérêt du peuple, exactement comme elle limite et contient le pouvoir seigneurial. Le même fait se produit donc dans l'ordre politique et dans l'ordre bourgeois. L'Ordonnance contient un article qui ne laisse aucun doute sur ce point : le roi tiendra compte des franchises et privilèges du métier, dans la proportion qui lui paraîtra convenable : « Li establisseurs — ce sont les officiers royaux qui ont nommé les premiers jurés — quand ce viendra au bout de l'an, institueront aultres nouveaux preudhomes que ilz prendront en iceluy mestier ou *aultres*, se il semble que bon soit. »

Une telle confiscation des privilèges, auxquels le monde des métiers tenait si fort, dut laisser quelque irritation dans les esprits. On s'est demandé comment Etienne Marcel avait, six ans après la publication de l'Ordonnance, trouvé un concours si prompt et si dévoué dans les corporations ouvrières auxquelles il appartenait comme changeur et orfèvre; ne serait-ce point — sans parler des raisons d'ordre politique qui armèrent alors la bourgeoisie parisienne contre la royauté — parce qu'il sut exploiter les rancunes que l'Ordonnance du roi Jean avait fait naître dans le cœur des ouvriers et des marchands de Paris? Nouvelle similitude entre les insurrections bourgeoises et les révoltes des hauts barons.

Nous terminons ce qu'il nous reste à dire sur les métiers de l'alimentation, en résumant rapidement ce que l'Ordonnance prescrit aux *regrattiers*, *poulaillers*, *coquetiers*, *tueurs* et *saleurs de pourcels*, *faiseurs de boudins et andoilles*, *marchands de vins*, *taverniers*, *cervoisiers*, *courratiers*, *vendeurs* et *deschargeurs*. Tous les métiers du regrat et de la charcuterie sont obligés d'acheter aux Halles et non ailleurs; il leur est absolument défendu d'aller au devant des marchands. Des visites quotidiennes sont faites chez eux par des jurés placés sous la main du Prévôt et des hauts justiciers. Quand ils travaillent à domicile, leur travail est taxé. Les débitants de boissons doivent, sous peine de confiscation et de fortes amendes, s'abstenir de tout mélange et de tout coupage, prendre livraison des vins sur les ports et ne jamais les réembarquer pour les expédier ailleurs; mettre hors de leurs tavernes les joueurs de dés et gens sans aveu; fermer leur maison après le couvre-feu; permettre au consommateur d'aller dans le cellier « pour voir traire le vin; » vendre au prix fixé et non à autre prix. Pareilles prescriptions pour les marchands de cervoise. La fixation des prix, qu'on aperçoit déjà dans le livre d'Etienne Boileau, tend à se généraliser dans la grande Ordonnance du roi Jean. On conçoit, en effet, que le pouvoir royal, en se plaçant comme modérateur entre les marchands et le public, arrive à déterminer le prix des denrées; c'est la conséquence extrême, mais forcée, du régime protecteur. Le monopole de la fabrication et de la vente empêchant toute concurrence, la baisse ne peut se produire par le jeu naturel de l'offre et de la demande; il faut qu'elle se produise *par ordre*.

Moins impérieuse dans les métiers industriels que dans ceux de l'alimentation, la baisse par ordre est pourtant décrétée, dans une certaine mesure, par le roi Jean. Le gain des maîtres de boutique et chefs d'atelier sur les objets achetés en gros et revendus en détail est fixé à « deux solz pour livre d'acquetz, » c'est-à-dire à 10 0/0, proportion évidemment insuffisante, dit M. Levasseur, car « aujourd'hui que les capitaux sont infiniment plus abondants et moins coûteux, aucun marchand ne se contenterait d'un pareil bénéfice, sur lequel il lui resterait à prélever tous les frais généraux. » Cette taxation arbitraire est appliquée aux industries du vêtement et de l'ameublement : les *tisserands de laine* ou *drapiers*, *couturiers* ou *tailleurs de robes*, *pelletiers*, *chauciers*, *fripiers*, *fourreurs de robes*, *tondeurs de draps*, *tapissiers* sont taxés à la fois comme ouvriers et comme marchands; quand ils travaillent à façon ils ne reçoivent qu'une somme fixe; quand ils vendent, il leur faut se borner à leurs « deux sols par livre d'acquetz. »

Il en est de même des ouvriers travaillant le cuir, tels que *tanneurs*, *courroyeurs*, *baudroyers*, *cordouaniers*, *savetonniers*, *savetiers*, *bourreliers*, et de ceux qui « œuvrent au bastiment, » c'est-à-dire des *maçons*, *couvreurs*, *plâtriers* et *batteurs de plâtre*. Il leur est interdit à tous de rien acheter pour revendre, et leur journée est taxée, comme l'est également celle des *chambrières*, *nourrices*, *recommanderesses* et celle des ouvriers employés dans l'agriculture. Les salaires avaient dû s'élever considérablement pendant les temps calamiteux qui précédèrent l'avènement du roi Jean, puisque l'Ordonnance, qui est essentiellement modératrice, les fixe à un tiers au-dessus de ce qu'ils étaient « avant la mortalité. »

En résumé, l'Ordonnance de 1350 respecte les bases fondamentales sur lesquelles était assis, depuis plusieurs siècles, l'édifice des corporations ouvrières, mais elle l'ébranle sur plus d'un point; à certains égards, c'est une « main mise » sur les métiers, analogue à celle qui se produisit trente ans plus tard, sur la Prévôté des marchands, à la suite de la révolte des Maillotins. Nous avons déjà indiqué, à propos des talemeliers, des bouchers et des poissonniers, trois brèches considérables pratiquées dans la forteresse corporative; en voici d'autres encore qui eussent achevé de la démanteler, si le roi Jean et ses conseillers s'étaient montrés aussi énergiques dans l'exécution de leur Ordonnance que dans la rédaction de son texte. Ce qui prouve une fois de plus qu'ils eurent parfaitement la pensée de traiter le fief ouvrier comme les fiefs seigneuriaux, c'est qu'ils s'efforcent d'attirer à l'autorité royale tous les droits, tous les privilèges et tout l'argent des métiers, toujours sous le prétexte de soulager le peuple. Le roi a droit de voir et de tout inspecter dans le monde ouvrier et marchand : « en tous mestiers et marchandises aura visiteurs, regardeurs et maistres. » Les saisies et confiscations, qui jusque-là étaient pratiquées par les jurés de chaque métier, ne pourront plus l'être désormais que par le Prévôt royal, et une partie notable des amendes sera versée au Trésor. D'autre part, le nombre des apprentis devient illimité, tant pour combler les vides que « la mortalité » avait faits dans les rangs ouvriers, que pour élargir, par le nombre, le cercle trop restreint dans lequel s'enfermaient les maîtres. Que durent dire les vieux patrons, observateurs étroits des anciens statuts, quand ils lurent, dans l'Ordonnance de 1350, ces paroles significatives : « Toutes manières de gens, laboureurs et ouvriers, de quelque mestier qu'ilz se meslent ou entremettent, pourront avoir, prendre ou tenir en leurs hostels tant d'apprentis comme ilz vouldront, à temps convenable et prix raisonnable? » Semblablement, de quelle façon les maîtres, ayant acheté plus ou moins chèrement leur atelier, prirent-ils cette disposition nouvelle : « Toutes manières de gens quelconques qui sçauront eulx mesler et entremettre de faire mestier, œuvre, labeur ou marchandise quelconque, le puissent faire et venir faire? » Voilà une porte largement ouverte dans cette forteresse si hermétiquement fermée. Mais le roi et ses conseillers ne s'en tiennent pas là; l'Ordonnance de 1350 n'est qu'une première tentative; ils iront plus loin s'il le faut . « S'il y avait aulcune chose à adjouster ou a oster, muer, interpréter ou de nouvel faire le roi veut que les commissaires sur ce deputez le puissent faire, ou la greigneur partie d'iceulx, et que sur ces choses délibèrent et conseillent avec les gens de nostre Parlement. »

Ces dernières expressions donnent la note vraie de l'Ordonnance de 1350. C'est une réaction des « gens du roi, » de ces parlementaires auxquels Philippe-le-Bel dut une notable extension de son autorité, contre les droits, coutumes et privilèges du fief ouvrier et marchand, considéré, ainsi que le fief seigneurial, comme un danger pour la royauté; réaction beaucoup moins vive assurément, car les gens de métier étaient, dans les mauvais jours, une précieuse ressource, et le souverain avait intérêt à les ménager. Ils fournissaient de l'argent, des armes, des munitions, des navires de guerre; ils se formaient, quand cela était nécessaire, en bannières et compagnies; ils payaient la taille, les impôts de commerce et les amendes; ils étaient plutôt frondeurs que rebelles, et il fallait qu'on les molestât au delà de toute mesure pour qu'ils descendissent dans la rue. Le roi Jean et ses conseillers ne poussèrent donc point les choses trop vivement, et les Métiers, de leur côté, subirent sans grands murmures la réaction qui suivit la dictature de Marcel.

Néanmoins, l'Ordonnance de 1350 fait, comme le *Livre des métiers*, époque dans l'histoire de l'ancienne industrie française, et c'est à ce titre que nous l'avons résumée aussi exactement que possible. La royauté continue, depuis lors, à intervenir comme modératrice dans la plupart des questions ouvrières, et il faut reconnaître qu'elle les résout dans un sens libéral, quoique sous une forme autoritaire. C'est ainsi qu'elle essaie de mettre un terme aux abus d'un apprentissage trop prolongé; qu'elle cherche à régler les salaires et à faciliter les rapports entre patrons et ouvriers; qu'elle s'efforce d'élargir le cercle, toujours trop étroit, dans lequel s'enfermaient les corporations locales, en faisant admettre par ordonnance à Paris, par exemple, des maîtres de Rouen et, à Rouen, des maîtres de Paris; qu'elle favorise la concurrence, en permettant aux artisans suivant la cour de travailler extra-réglementairement, sans payer aucun droit de vente et de confrérie, pour les bourgeois des villes où le roi séjournait; qu'elle autorise les inventions nouvelles contraires aux vieux us et aux vieux procédés industriels; toutes mesures propres à régénérer le monde des métiers et à lui infuser un sang nouveau. Ces tentatives, qui honorent la royauté et qui finissent par aboutir à la législation libérale de 1776, sont malheureusement trop intermittentes et trop peu désintéressées; elles manquent d'ailleurs de fermeté autant que de suite, et laissent aux corporations toute latitude de reconquérir le terrain perdu. « Les rois, dit judicieusement M. Levasseur, s'immiscent dans les affaires de l'industrie, non moins souvent pour créer de nouveaux privilèges, que pour combattre d'anciens abus. »

Après le *Livre des métiers* et l'Ordonnance du roi Jean, on ne trouve plus aucun document d'ensemble: les réglementations partielles et locales abondent, et nous les résumerons exactement; mais les principes fondamentaux du régime corporatif subsistent et subsisteront longtemps encore : la Renaissance seule, avec ses aspirations vers un nouvel ordre de choses, y porte cet esprit de réforme qu'elle fit prévaloir dans l'ordre des lettres et des arts, et qu'elle aurait réussi à généraliser, si elle ne se fut heurtée aux plus insurmontables des obstacles, les difficultés religieuses.

La période critique du régime corporatif comprend la seconde moitié du XIV^e^ siècle et les trente ou quarante premières années du XV^e^. Dans ces temps agités, les métiers, forts de leur organisation propre et de leur collectivité, servent d'instruments à toutes les ambitions ; ceux qui en abusent leur persuadent que leur heure est arrivée et qu'ils vont prendre la place de la féodalité, de la royauté même : illusion qui les égare et les ruine. Ils sont lents à se désabuser : ramenés, après la mort de Marcel et le rétablissement de l'autorité royale, à une plus saine appréciation de leurs intérêts, ils retrouvent, sous le règne réparateur de Charles V, leur ancienne prospérité et s'efforcent de reconquérir, une à une, les prérogatives que leur avait enlevées l'ordonnance du roi Jean. Ils y seraient parvenus, si les excès des Maillotins n'avaient, dès les premières années du règne de Charles VI, gravement compromis les résultats obtenus. La « main mise » sur la Prévôté des marchands atteint du même coup le monde des « mestiers méchaniques » ; si les Six-Corps, en effet, constituaient l'aristocratie et le ban de la marchandise, la masse des corporations vouées au travail manuel en formaient l'arrière-ban, et toute l'armée ouvrière se trouvait ainsi frappée en même temps. Cependant, grâce au luxe d'Isabeau de Bavière, du duc d'Orléans, des oncles du roi et de la haute noblesse, les Métiers travaillent, vendent et prospèrent : ils gagnent d'autant plus d'argent qu'ils font moins de politique; ce qui s'est produit d'ailleurs à toutes les époques.

Mais s'ils consentent à abdiquer, pour le moment, toute prétention au gouvernement de l'Etat, ils entendent bien se gouverner eux-mêmes, et les tentatives libérales du roi Jean, renouvelées par ses successeurs, ne trouvent pas grâce devant eux. « Loin de se dissoudre, loin de devenir plus accessible, le monopole corporatif, dit M. Levasseur, resserre les nœuds qui unissent les Métiers et exhausse les barrières qui les protègent. Il multiplie les règlements sur le travail, croyant que le mal — quand mal il y a — vient de leur insuffisance, et chaque fois qu'un genre nouveau de fabrication se produit, il introduit dans ses statuts un nouvel article pour le réglementer. Son motif, ou son prétexte, en ramenant l'apprentissage à son ancienne durée, c'est de n'avoir que des maîtres habiles et de ne fournir que de bons produits. »

La démence de Charles VI et les malheurs qui la suivent interrompent de nouveau la prospérité ouvrière et jettent encore les métiers dans les violences de l'action armée. L'une des plus anciennes corporations de Paris se signale par ses excès : la grande boucherie du Châtelet, à laquelle se joignent les boucheries de Sainte-Geneviève et de Saint-Germain-des-Prés, épouvante la capitale par sa férocité ; mais elle expie ses crimes en 1416 : on démolit tous les étaux et tous les abattoirs, qu'on rétablit ailleurs en quatre endroits différents. Tous les métiers, d'ailleurs, sont ruinés comme elle : plus de foires, plus de charrois par terre, plus de transports par eau, à cause du peu de sûreté qu'offre la campagne, et, le défaut de matières premières arrête ainsi toute fabrication. L'industrie parisienne se réfugie alors dans les Flandres ; Gand et Bruges vendent à la France ce que Paris ne peut plus produire : quant à l'industrie provinciale, elle est dans un état tel qu'on trouve, dans une ordonnance de 1419 sur les cordonniers de Troyes, ce triste aveu : « Si ne treuvent à peine personne qui a son filz ou parent facent aprendre ledit mestier ».

Charles VII et Louis XI recommencent le travail de relèvement opéré en son temps par Charles V : ils confirment les statuts anciens, rétablissent les règlements tombés en désuétude et forment en corporation les métiers demeurés jusque-là sans discipline. Le moyen âge, on le voit, n'a pas dit son dernier mot : il ne vient point à la pensée des souverains de proclamer la liberté du travail, ou tout au moins d'entr'ouvrir la porte de la maîtrise fermée depuis si longtemps, La société du temps, fondée sur le catholicisme et la royauté, était trop complètement, trop rigoureusement hiérarchisée, pour que le monde des métiers pût vivre librement en dehors de cette organisation.

Dans tous ces actes, le roi se réserve expressément une part des amendes et des droits à percevoir ; il veut que les assemblées des Métiers soient autorisées et présidées par un officier royal ; il exige même des aspirants à la maîtrise un serment de fidélité au trône. Le principe monarchique s'affirme ainsi à chaque occasion, tout en respectant, dans la mesure compatible avec ses intérêts, l'ancienne autonomie des corporations.

Louis XI continue cette politique et l'accentue davantage : il aimait les petites gens, détestait la noblesse et cherchait naturellement, dans le monde des métiers, un contre-poids à l'influence excessive des seigneurs ; il va donc jusqu'à les enrégimenter. — ainsi qu'avait fait la reine-régente pendant la minorité de saint Louis, — sans redouter le retour des excès commis par Etienne Marcel, par les Maillotins et par les Cabochiens. A Paris, les corporations ouvrières formaient soixante et une compagnies ou bannières, qui avaient toutes leur étendard et à qui le roi faisait l'honneur de les passer en revue. Les Métiers comprirent-ils le rôle qu'on leur faisait jouer? Virent-ils le lien doré qui les attachait au trône et sentirent-ils qu'ils étaient, sous la main de l'habile monarque, une machine à battre en brèche la forteresse féodale? Nous ne voudrions point en faire hommage à leur perspicacité ; qu'il nous suffise de faire remarquer qu'ils mirent à profit, dans l'intérêt de leur commerce et de leur industrie, tout le bon vouloir du souverain ; qu'ils demandèrent et obtinrent des diminutions d'impôts, des suppressions de péages, des exemptions d'aides et de tailles, des créations et des rétablissements de foires, faveurs importantes qui leur permirent de soutenir la concurrence des ouvriers d'élite mandés de Gênes, de Venise, de Grèce même, par le roi, pour stimuler l'industrie française. Nous n'énumèrerons point les nombreuses ordonnances rendues par Louis XI en faveur des corporations ouvrières; de 1461 à 1483 on en compte près de cent, les unes modificatives, les autres confirmatives des anciens règlements.

M. Levasseur résume dans les termes suivants la période d'existence des Métiers depuis le commencement de la guerre de Cent ans jusqu'aux guerres d'Italie : « Cette période d'épreuves n'a pas été perdue pour les classes ouvrières. Au milieu des tendances diverses de la royauté qui voulait imposer sa loi aux corporations, et des corporations qui voulaient gouverner la royauté, l'antique alliance du XIIIe siècle s'était un moment rompue ; mais elle se reforma bientôt. Les Métiers n'étaient sans doute pas parvenus à dominer le pouvoir royal ; mais ils avaient pris un rang plus élevé dans la société... Si la royauté de son côté, n'était point parvenue à briser les barrières de la corporation, elle n'en surveillait pas moins et dirigeait même plus efficacement les communautés; elle intervenait, à la fois, au nom de sa suzeraineté et au nom de la bonne police, dans les règlements de l'industrie. Si les corps de métiers restèrent obstinément fermés, l'unité commençait cependant à se former au-dessus d'eux et à les envelopper. »

La fin du XVe siècle et le commencement du XVIe inaugurent un nouvel ordre de choses. En même temps que l'esprit du XIIIe siècle, loin de s'affaiblir avec le temps, s'étend et pénètre plus profondément la société nouvelle, d'autres procédés se révèlent et d'autres aspirations se font jour. D'une part, le régime corporatif, exclusif de sa nature, s'oppose à toute innovation et se cantonne obstinément dans ses vieux usages : religieusement, il multiplie les confréries ; industriellement, il impose la marque de fabrique et rend obligatoire le double poinçon du maître et du métier. D'autre part, les relations d'art et de commerce avec l'Italie, alors en avance sur tout le reste de l'Europe, deviennent de plus en plus fréquentes et vivifient la vieille industrie française immobile depuis le règne de saint Louis. Inaugurées par l'alliance des d'Orléans et des Visconti, ces relations ne font sentir sérieusement leur influence qu'à la fin du XVe siècle, au moment où Charles VIII entreprend cette chevaleresque campagne qui ne fût, en définitive, qu'une promenade à travers la péninsule.

Ce n'est pas le métier qui est atteint tout d'abord par les importations ultramontaines ; c'est l'art, et on le comprend quand on se rappelle le rôle joué, pendant les XIVe et XVe siècles, par les « lombards », ces riches négociants italiens qui ont laissé leur nom à une des rues de Paris et qui ont fait connaître à l'aristocratie, ainsi qu'à la bourgeoisie opulente, le luxe des puissantes cités de Venise, Gênes, Lucques, Sienne, Florence et autres villes industrieuses. Tributaires de leur habileté, les Parisiens et les Français avaient peu de chose à apprendre d'elles au point de vue des produits manufacturiers ; mais l'art italien, qui a toujours eu son côté industriel, avait beaucoup de secrets à leur révéler. L'architecture, la sculpture, la peinture et leurs applications à l'art décoratif contribuent, dans une large mesure, à la régénération des vieux métiers du XIIIe siècle. Les rois Louis XII, François Ier, et Henri II le comprennent et aident de tout leur pouvoir à ce renouvellement. Ils accordent aux industries italiennes divers encouragements, des commandes, des primes, des brevets, et dérogent largement aux vieux statuts des métiers français pour favoriser ces importations. En même temps, ils poussent les artistes français dans la voie des arts décoratifs et s'efforcent de régénérer ainsi les vieux métiers du moyen âge.

Sous cette impulsion, Jean Cousin publie des dessins originaux pour la lingerie ; Bernard Palissy arrive à créer l'émail ; Philibert de l'Orme dirige les manufactures de tapisseries fondées à Paris sur le modèle de celles de Flandre et d'Italie avec des ouvriers mandés de ces pays, et Benvenuto Cellini, naturalisé français par l'affection profonde que lui porte le roi François Ier, introduit dans la vieille orfèvrerie française — habituée aux pièces massives, aux contours épais, aux formes archaïques — des motifs nouveaux, légers, gracieux comme l'architecture et la sculpture de la Renaissance. Ce n'est plus le métier, puissance collective, qui accomplit son travail traditionnel, en suivant les anciens errements; c'est l'initiative royale qui stimule l'effort individuel, qui encourage les innovations et fait entrer de nouveaux éléments dans les vieilles recettes industrielles des XIIIe et XIVe siècles.

La routine corporative résiste aussi longtemps qu'elle le peut, mais elle se voit obligée de céder : la mode change avec l'attrait des nouveautés, et les communautés ouvrières, attardées dans leurs procédés, ne sont plus en mesure de fabriquer les objets qu'on leur demande. Plusieurs corporations vouées aux travaux de luxe et de fantaisie, celles des gainiers, notamment, celles des fourreliers (fabricants de fourreaux) et des ouvriers en cuir bouilli se voient obligées de faire renouveler leurs statuts, en y introduisant d'importantes modifications, parce que, disent-elles, « la plupart des articles desdits anciens règlements ne sont plus en usage et au commerce des hommes. »

La transformation de l'industrie française, sous l'influence du goût italien, et la substitution du travail individuel au travail collectif se seraient accomplies paisiblement dans le cours du XVIe siècle, si les luttes religieuses, d'une part, et l'esprit de fiscalité, de l'autre, n'étaient venus interrompre le mouvement. La plupart des ouvriers réformateurs appartenaient à la Réforme : ils émigrèrent lorsque la royauté, partagée entre le désir d'innover et la volonté de maintenir l'ancien ordre de choses, cessa de les protéger ouvertement. Les anciennes communautés, qui, en toutes choses, tenaient au passé, mirent à profit le départ de leurs concurrents pour serrer davantage les nœuds du vieux régime corporatif : aussi exclusives dans leur attachement au catholicisme que dans leur amour du monopole industriel, elles se déclarèrent pour la Ligue, alors que les ouvriers étrangers, presque tous huguenots, prêchaient tout à la fois la réforme dans l'Eglise et dans les ateliers. Cent ans avant la révocation de l'édit de Nantes, l'émigration industrielle se produisit, à Paris et en France, dans des conditions véritablement inquiétantes : pour n'en citer qu'un exemple, les drapiers, ou tisserands de laine, faisaient teindre, vers 1550, environ six cent mille pièces de drap par an : vers la fin du siècle, ce chiffre était tombé à cent mille ; la production avait donc diminué des cinq sixièmes en quarante ans.

La royauté crut remédier à cet état de choses en créant des offices et en vendant des lettres de maîtrise : dès le règne de Louis XI, on voit apparaître les créations d'offices : ce sont d'abord les vendeurs de chanvre et les compteurs de poissons ; puis viennent les jurés-maçons et les jurés charpentiers pour toutes les villes de France, les vendeurs et contrôleurs de la draperie, etc., etc. Louis XII, François Ier, Henri II continuent à créer des offices, non parce que le besoin s'en fait sentir, mais parce que les sommes à payer, soit par les nouveaux officiers pour entrer en charge, soit par les corporations ouvrières pour racheter les offices et se rédimer de cette gêne, remplissent à l'envi les coffres du trésor royal.

Les lettres de maîtrise furent aussi un moyen de fiscalité ; mais il faut convenir qu'elles auraient pu avoir une sérieuse influence réformatrice ; en forçant l'entrée du métier, en dispensant les ouvriers habiles de la longue et dispendieuse formalité du chef-d'œuvre, elles eussent fait tomber le principal grief articulé par les « valets » contre le régime corporatif ; elles eussent infusé un sang nouveau dans le vieux corps industriel. Mais l'argent et la faveur eurent la plus grande part dans ces sortes de concessions : les lettres de maîtrise ne furent pas toujours données aux meilleurs ouvriers ; ceux-ci se liguèrent avec les anciens maîtres pour faire résistance, et les uns, en haine de confrères plus heureux ou plus riches, les autres parce que l'accession des nouveaux venus diminuait la valeur de leurs établissements, s'évertuèrent à leur rendre la situation impossible. Il faut convenir que cette situation constituait, en face des anciens maîtres et des valets moins riches ou moins favorisés, un privilège véritablement exorbitant : ceux qui étaient « receuz, mis et instituez en possession et saisine d'icelles maîtrises » en jouissaient et usaient « avec tous tels et semblables droictz, franchises et libertez, que ceulx dont jouissent et usent les anciens maistres jurez desdicts mestiers, sans qu'ilz soient tenuz faire aucun chef-d'œuvre, espreuves, expériences, ne examen, ne aultres fraiz accoustumez. » Les lettres de maîtrise, qui auraient pu élargir les métiers, ne firent donc que les encombrer et les appauvrir : les encombrer d'abord, parce que les nouveaux maîtres ne trouvèrent ni boutiques à louer, ni fonds à acquérir ; les appauvrir ensuite, parce que les anciens maîtres, menacés dans leur industrie, se résignèrent à racheter les nouveaux titres, ainsi que le font, de nos jours, les notaires et les avoués, quand ils veulent éteindre une charge dans leur circonscription. La lutte fut vive entre les corporations et la royauté : le Prévôt royal alla jusqu'à interdire tout examen et toute admission d'aspirants à la maîtrise, tant que les porteurs de lettres ne seraient pas pourvus. C'était une nouvelle aggravation des rigueurs du régime corporatif ; les lettres de maîtrise allaient ainsi directement contre le but qu'on avait voulu atteindre en les créant. L'abus fut tel qu'il existait encore, à l'avènement de Henri IV, des lettres remontant à François II : ceux qui en étaient munis attendaient donc depuis plus de trente ans !

Nous avons déjà fait remarquer le défaut d'unité et l'absence d'esprit de suite qui caractérisent les diverses tentatives du pouvoir royal. Le but à atteindre c'est la réforme du régime corporatif dont les abus sont manifestes ; mais les moyens employés se nuisent, s'excluent et arrivent à se paralyser réciproquement. Ainsi les lettres de maîtrise, qui sont une extension du métier, ont pour correctif les arrêts du Parlement rendus en 1498 et 1535 pour interdire toute fondation de confrérie nouvelle ; l'Ordonnance de François Ier, publiée en 1539, et interdisant « toute confrérie de gens de mestier par tout le royaume, ainsi que les Ordonnances d'Orléans, Moulins et Blois portant la même interdiction. Toutes ces prohibitions avaient pour but de limiter le régime corporatif ; mais elles ne faisaient que le confirmer, de même que les lettres de maîtrise créaient de nouveaux maîtres aussi intolérants que les anciens. La royauté n'eut jamais, en réalité, l'intention d'émanciper l'industrie et le commerce ; elle voulut simplement les rattacher à elle, les tenir sous sa main et s'en faire une source de revenus. Ce dessein est manifeste dans l'Ordonnance de 1567, rendue par Charles IX, et dans celle de 1581, publiée par ordre de Henri III. La première fixe les droits de maîtrise et en attribue une part au roi, détermine le prix de certaines marchandises et le chiffre de certains salaires, mesures aussi peu libérales que possible. La seconde veut atteindre un quatrième but : 1° organiser en corps de métier tous les artisans du royaume ; 2° rendre l'accès de ces corps plus facile ; 3° remédier aux abus des maîtrises et des jurandes, en plaçant les corporations ouvrières sous l'action directe du pouvoir royal ; 4° prélever, au profit du roi, un impôt sur le travail. Ces dispositions, si elles avaient pu se réaliser en fait, auraient substitué à la fédération ouvrière du XIIIe siècle un régime de subordination et de bon plaisir ; elles eussent fait de la démocratie industrielle ce que Louis XI, François Ier, Richelieu et Louis XIV ont réussi à faire de l'aristocratie terrienne, c'est-à-dire une servante.

Si les corporations ouvrières ne furent point abaissées à ce rôle, elles servirent, du moins, comme l'aristocratie, à rehausser la pompe des fêtes et cérémonies publiques ; dans toutes les villes de France, elles eurent un rang et tinrent une place honorable ; à Paris, il n'est pas d'entrée solennelle, ou d'obsèques royales, où elles ne figurent dans la personne de leurs jurés et notables, et le XVIe siècle, en particulier, siècle de grand luxe, de grandes représentations, est celui où elles déploient toutes leurs magnificences. Ce côté de leur histoire n'est point à dédaigner : les questions de rang et de préséance ont leur importance quand il s'agit de corps constitués.

Le lecteur nous pardonnera donc de nous arrêter un instant à ce détail ; il connaît déjà les communautés industrielles dans leurs boutiques et ateliers ; il les verra avec intérêt défiler sur la voie publique. Nous ne parlerons point ici des *Six-Corps*, qui formaient à Paris l'aristocratie de la marchandise et auxquels nous consacrons un article spécial ; nous nous bornerons à mentionner la présence des métiers ordinaires aux grandes cérémonies, à indiquer le rang qu'ils y occupaient et le costume que portaient leurs représentants. Ces détails, empruntés aux *Registres du Bureau de la Ville*, sont d'une authenticité incontestable.

Nous mentionnerons, entre autres entrées solennelles, celle que Henri II fit, en 1549, dans sa bonne ville de Paris et pour laquelle il voulut éclipser ses prédécesseurs : il s'adressa à tous les gens de métier, et, trouvant sans doute trop mesquine la robe de drap rouge et bleu dont s'était contenté François Ier, il les organisa en corps de parade, « bien armez et richement accoutrez selon leur estat, » dit le narrateur officiel. On comptait, à cette cérémonie, environ cent corporations ayant fourni un nombre d'hommes considérable — deux à trois mille. — Les imprimeurs, alors en pleine prospérité par le fait des nombreuses éditions grecques et latines qu'ils donnaient, équipent deux cent cinquante hommes, c'est le chiffre maximum ; les « orbateurs, » ou batteurs d'or n'en arment que quatre. Voici, du reste, la liste que donnent les *Registres du Bureau de la Ville* :

« Paticiers, vitriers, vergers, mareschaulx, tonneliers, chandeliers, fourreux, layetiers, bourreliers, courtepointiers, chercuitiers, cousteliers, chappeliers, nattiers, poulaillers, espingliers, taillandiers, pourpointiers, menuysiers, serruriers, gantiers, charrons, orlogeurs, libraires, orbateurs, tourneurs de boys, vinaigriers, potiers d'estain, peigniers et tabletiers, foullons de draps, courroyeurs, artillers, savetiers, boursiers, couvreux, rôtisseurs, tixerands, jardiniers, esteuviers, gaisniers, potiers de terre, percheminyers, selliers, lormiers, coffrettiers, malletiers, cordiers, cordonniers, venniers, boisseliers,

bouchers, boullangers, freppiers, taintùriers de toillè, tainturiers de cuyr, tainturiers de soye, tondeurs, chauderonniers, saincturiers, musniers, fourbisseurs d'espée, rubenniers, bonnetiers, bauldroyeurs, maçons, tailleurs de pierres, charpentiers, imprimeurs, cousturiers, tailleurs de robbes, passementiers, bouchonniers, plombiers. »

Les « mestiers méchaniques » marchaient en avant des menus officiers de la Marchandise. « Aprez, disent les *Registres du Bureau de la Ville*, marchoient trente porteurs de bled, vestus de robbes et de cazaques de rouge et bleu, tenans chascun ung baston blanc en leur main; aprez, six porteurs de charbon; aprez, douze porteurs de sel; aprez, quatre briseurs de sel; aprez, seize mosleurs de boys; aprez, quatorze vendeurs de vin; aprez, douze courratiers de vins; aprez, douze crieurs de corps et de vins; aprez, six mesureurs de charbon; aprez, vingt mesureurs de charbon; aprez, vingt mesureurs de grains; aprez, huit mesureurs sel, tous vestus de ladite livrée de ladite ville. »

Nous avons cru devoir reproduire cette énumération, parce qu'elle mentionne un certain nombre de communautés ouvrières qui ne se trouvent point dans le *Livre des métiers* et dans la grande Ordonnance du roi Jean; ce qui prouve que de nouvelles professions étaient devenues nécessaires et qu'elles avaient régulièrement pris place dans le syndicat général des corporations. Par contre, d'autres métiers, qui comparurent devant Etienne Boileau ne se retrouvent plus à l'entrée solennelle de Henri II — les crépiniers, les tréfiliers, les chapuiseurs de selles, etc. — Il faut en conclure que ces métiers s'étaient fondus dans d'autres corporations parce qu'ils avaient reconnu les inconvénients d'une division excessive.

Mais voici venir la régence et Richelieu qui les éloigneront du trône et les remplaceront par l'aristocratie courtisane, par la bourgeoisie anoblie, par les magistrats du Parlement et de la Chambre des comptes, par les conseillers et autres « gens du roi, » noyau de ce Tiers-Etat bourgeois qu'on verra désormais partout, alors que les gens de métier ne paraîtront plus nulle part, et que la Révolution française trouvera devant elle, prêt à parler au nom des masses ouvrières qu'il a tant contribué à évincer. Mais n'anticipons point; les Métiers ont encore plus d'un siècle et demi d'existence comme institution corporative.

Les guerres de religion avaient, proportion gardée, exercé sur les Métiers une influence aussi préjudiciable que la guerre de Cent ans. Cette fois encore, les Anglais furent, pour notre industrie, d'implacables ennemis, non point en ravageant les ateliers, en pillant ou en brûlant les marchandises françaises, mais en y substituant les leurs. Tandis que les corporations ouvrières et les corps marchands engagés dans la lutte négligeaient forcément les intérêt de leur travail et de leur commerce, nos voisins d'Outre-Manche, en gens avisés qu'ils ont toujours été, nous inondaient de leurs produits. Un fait, entre mille, prouve l'état dans lequel était tombée notre industrie : la ville de Provins et sa banlieue possédaient, avant les luttes religieuses, *dix-huit cents* métiers à fabriquer les draps; il en restait *quatre* à la fin des troubles.

Henri IV, puissamment aidé par son ministre Sully, fit beaucoup pour relever la France industrielle de sa ruine, et nul doute qu'il ne fût parvenu, si son règne s'était prolongé, à vivifier toutes les branches du travail national; mais, outre que le temps lui fit défaut, il existait, sur ce point, un dissentiment profond entre lui et son ministre. Sully plaçait l'agriculture au premier rang : « labourage et pastourage, » on le sait, lui paraissaient être les deux inépuisables mamelles de l'Etat. Le roi inclinait vers les arts de luxe et les travaux urbains; en même temps qu'il faisait exécuter de grandes réparations dans les châteaux royaux, ainsi que dans sa capitale, il chargeait Olivier de Serres et Laffemas de naturaliser la culture du mûrier en France, pour y créer l'industrie séricicole; il faisait venir d'habiles ouvriers de Bologne pour la fabrication des crêpes et des draps d'or et d'argent; il mandait de Venise, du Levant, de Hollande, des chefs d'ateliers pour organiser des manufactures de glaces, de cristaux, de tapis et de toiles: il attirait en France les meilleurs métallurgistes pour opérer la fonte, le laminage, l'étirage et le martelage des métaux; enfin, il installait au Louvre, dans la grande galerie du bord de l'eau, les artisans et artistes les plus célèbres pour arriver, avec leur concours, à régénérer la vieille industrie du moyen âge, ainsi que les applications artistiques et industrielles auxquelles on a donné, de nos jours, le nom d'arts décoratifs.

Si nous avions à écrire une histoire de l'industrie en France, il nous faudrait développer ce sujet et étudier l'influence que ces créations diverses exercèrent sur la marche du travail national; mais nous devons nous borner aux corporations ouvrières et rechercher ce qu'elles eurent à y gagner et à y perdre. Il n'est pas douteux que Henri IV, longtemps combattu par la bourgeoisie ouvrière et marchande de Paris enrôlée dans la Ligue, ait voulu introduire dans le monde des Métiers un élément nouveau; la plupart des ouvriers qu'il protégea étaient protestants ou « libres penseurs, » comme on dit de notre temps. Ils représentaient l'esprit de la Renaissance en lutte avec le moyen âge et étaient, par conséquent, hostiles, en principe, aux institutions ouvrières du XIII^e^ siècle. La protection du roi leur créait, d'ailleurs, une situation exceptionnelle : les *illustres*, ainsi qu'on appelait les artisans et artistes logés au Louvre, étaient dégagés de toutes les obligations que les règlements imposaient aux corporations; ils n'avaient à subir aucune visite, ce qui les mettait à l'abri de toute saisie, confiscation et amende. Ils pouvaient avoir deux apprentis et en faire recevoir un comme maître, tous les cinq ans « sans estre astreins à faire aucun chef-d'œuvre, prendre lettres, se présenter à la maistrise, faire appeler, lorsqu'ils sont passés maistres en une ville, les maistres de ladite ville, leur payer aucun festin ou autre chose semblable. »

Voilà pour les artistes et artisans privilégiés, logés dans le palais du roi et faisant, pour ainsi dire, partie de la maison royale. Quant à ceux qui travaillaient au dehors et en province dans les manufactures fondées par Henri IV, leur indépendance vis-à-vis des anciennes corporations n'était pas moindre; le titre seul de « manufacture royale » les soustrayait à toute juridiction et les affranchissait de toutes charges et obligations corporatives. Aux yeux des maîtres et jurés des vieux métiers, ces artistes et artisans étaient des privilégiés; dans la pensée du roi, c'étaient des initiateurs et des émules.

On comprend que les anciennes corporations n'acceptèrent pas ces innovations sans murmures; de fait, elles avaient toutes les gênes du régime corporatif et en acquittaient toutes les contributions, tandis que leurs rivaux étaient exonérés de tout. Il y eut donc une assez vive résistance que le roi brisa par ses lettres-patentes de 1609, lettres que confirmèrent plus tard Richelieu et Louis XIV. En réalité, les *illustres* et les ouvriers des manufactures royales opposaient privilège à privilège et *monopole à monopole*; ce n'était point encore le régime de la liberté.

Un tel régime ne pouvait évidemment venir à la pensée de Richelieu; tout occupé des grands intérêts de sa politique, qui se résumait dans le désarmement des Huguenots, l'abaissement de la haute aristocratie et le relèvement de la royauté, il n'avait guère le temps de songer au commerce et à l'industrie, et, y eût-il pense, que ses préférences, comme celles de Louis XI, auraient été pour le maintien d'un état de choses qui permettait d'opposer la bourgeoisie ouvrière et marchande à la noblesse oisive et turbulente, et qui mettait toute une armée de travailleurs sous la main du roi. Cependant il continua, dans

une certaine mesure, à encourager les industries importées à l'étranger, à favoriser les artistes et artisans appelés par Henri IV, et à contrebalancer l'influence des corporations anciennes par l'accession d'éléments nouveaux.

La guerre de Trente ans vint, d'ailleurs, lui révéler l'étendue des ressources que les métiers pouvaient mettre à sa disposition et lui fournir une occasion de les ménager. Sans compter les lettres de maîtrise que l'on continuait à vendre, et qui produisaient des sommes assez considérables, il y avait des souscriptions volontaires, des secours en hommes et en argent et autres aides spontanés que les gens de métier, par le fait même de leur organisation corporative, pouvaient offrir plus largement et plus promptement que les simples citoyens. Les corporations parisiennes comprirent qu'elles regagneraient le terrain perdu en faisant acte de patriotisme : au moment où les Impériaux, campés devant Corbie, menaçaient la capitale, elles se présentèrent à Louis XIII, revêtues de leurs insignes, lui offrirent des subsides importants et mirent à sa disposition bon nombre de gens de guerre armés et équipés à leurs frais. Le roi fut, dit-on, si ravi de ces propositions, qu'il embrassa le maître des savetiers, l'un des plus humbles représentants du monde des Métiers. Les Six-Corps, qui représentaient surtout la fortune marchande, et qui se cotisèrent généreusement, mirent à profit cette circonstance pour conserver leurs privilèges; alors que les députations ouvrières cessaient de figurer dans les cérémonies publiques, ils continuèrent à y paraître, et c'est ainsi qne nous les voyons défiler, dans leurs riches atours, à l'entrée solennelle de Louis XIV.

Il importe de remarquer que la situation des corporations parisiennes est exceptionnelle. A Lyon, par exemple, les artisans avaient obtenu, dès 1606, des lettres-patentes qui les affranchissaient de toute maîtrise et de toute jurande; en Champagne, pays d'antiques foires, l'industrie était libre depuis longtemps; mais, à Paris, la présence du roi et les relations que les corps de métiers entretenaient avec lui, maintinrent beaucoup plus tard un état de choses auquel la royauté trouvait des avantages manifestes.

Mazarin, qui continua la politique de Richelieu et eut à réduire la Fronde, donna peu d'attention aux corporations ouvrières; il ne vit en elles que des contribuables et en tira tout l'argent possible. Non seulement il vendit, dès 1643, des lettres de maîtrise que les communautés s'empressèrent de racheter; mais encore il inaugura le système des créations d'offices qui n'avaient fait jusqu'alors que de rares apparitions, et qui, à partir de ce moment, constituèrent l'un des moyens de finance les plus productifs et les plus usités. Les premiers furent des « offices de judicature des arts et métiers; » vinrent ensuite des offices de crieurs de corps et de vins dans toutes les villes du royaume, et de contrôleurs vendeurs de vins à Paris; charges qui pouvaient être héréditaires et éternisaient ainsi le régime du monopole,

Colbert s'occupa beaucoup plus de l'industrie et du commerce; son long ministère compte dans l'histoire du travail national, et nous allons en résumer les principaux actes. En thèse générale, ce grand ministre ne fut ni un conservateur obstiné, ni un novateur résolu; il eut surtout à cœur de diminuer les importations étrangères, en favorisant l'extension de l'industrie et du commerce français; Boileau lui a rendu cette justice; il le félicite, dans la personne de Louis XIV, d'avoir arraché aux manufactures italiennes et allemandes

..... tous ces tributs serviles
Que payait à leur art le luxe de nos villes.

Son but n'était pas de ruiner l'ancien régime corporatif et de proclamer la liberté de l'industrie; il entendait, au contraire, créer des monopoles, édicter des règlements, stimuler les ateliers privés par la concurrence salutaire des manufactures royales et mettre le travail sous la main du pouvoir. Après une enquête faite dans toutes les villes manufacturières, il commença sa grande réglementation de l'industrie des tissus : en 1664, règlement sur les toiles de Normandie; en 1666, règlements pour les ouvriers de drap d'or de Paris, pour les sergers d'Aumale, d'Illiers, de Chartres, de Brou, pour les drapiers et étamiers de St-Lô, Sedan, Carcassonne; en 1667, 1668 et 1669, règlements pour les ouvriers en draps d'or de Tours et de Lyon, pour les drapiers de Beauvais, de Bayeux et d'Elbeuf. On compte ainsi plus de cent cinquante règlements partiels et locaux, applicables aux manufactures créées par le ministre, et complétés par quatre grandes Ordonnances destinées à régler, dans tout le royaume, la juridiction, la fabrication des étoffes, la teinture des draps et celle des fils. C'est tout un code du tissage imposé à « tous marchans drapiers, maistres drapans, sergers, ouvriers et façonniers des villes, bourgs et villages du royaume. Sont soumis à des prescriptions analogues, « les teinturiers en grand et bon teint des draps, serges et estames de laine qui se manufacturent dans le royaume, ainsi que les teinturiers de soyes, laines et fils qui s'employent aux manufactures de draps d'or et d'argent, de soye, tapisserie et autres establissements et ouvrages. »

On le voit, Colbert ne songe pas à émanciper l'industrie en la laissant maîtresse de ses agissements; il substitue, aux vieux règlements corporatifs, des Ordonnances royales plus étroitement obligatoires que ne pouvaient l'être les statuts d'Etienne Boileau, et il est si éloigné de rompre le lien qui unissait les anciennes communautés, qu'on le voit, au contraire, établir deux corporations de teinturiers parfaitement distinctes l'une de l'autre : « les teinturiers de grand et bon teint » et « les teinturiers de petit teint, » ce qui semble ramener le métier à l'ancien système de fractionnement que nous avons constaté au moyen âge. « Colbert, dit M. Levasseur, ne supprime pas les métiers; loin de là; il les reconstitue fortement, comme une garantie de l'exécution de ses Ordonnances; il règle l'élection annuelle des jurés, leurs assemblées, leurs visites dans les ateliers, les conditions de l'apprentissage, l'expérience, le chef-d'œuvre, la maîtrise. Sur cette matière, comme sur beaucoup d'autres, Colbert n'a pas la prétention de rompre avec le passé; il en continue et régularise les institutions; mais il continue aussi l'œuvre de la royauté, en faisant tout partir d'elle et tout aboutir à elle. S'il multiplie les corporations, s'il prescrit à ses agents d'y faire entrer tous les maîtres et d'interdire le droit de travailler à ceux qui refuseraient, c'est que, à ses yeux, le seul moyen de composer un corps de personnes capables, c'est de fermer la porte aux ignorants. »

L'œuvre réglementaire de Colbert a eu, comme toute chose humaine, ses bons et ses mauvais côtés; elle a donné un vigoureux coup de fouet à l'industrie routinière des corps de métiers et réalisé un progrès véritable sur les vieux procédés de la tradition corporative; elle a de plus, avec l'aide et le stimulant des manufactures royales, arraché le travail national au terre-à-terre de la production et de la consommation locales. Au moyen âge, la grande industrie, le grand commerce n'étaient pas possibles; toute l'ambition des communautés ouvrières, toutes les visées des corps marchands tendaient uniquement à conquérir la clientèle de la ville et de la banlieue. Chaque centre urbain travaillait et vendait dans un petit rayon; c'était la conséquence de la limitation des ateliers et des boutiques. La création des grandes manufactures, en multipliant les produits, obligea de chercher des débouchés hors de la province et hors du royaume; la grande industrie, le haut commerce, naquirent donc du besoin de placer les fruits d'un travail supérieur aux besoins de la consommation nationale. Sous ce rapport, le cercle étroit des anciennes corporations était forcé de s'élargir, et l'on peut dire que le régime moderne de la libre exploitation industrielle et commerciale était en germe dans les créa-

tions manufacturières de Colbert; mais ses règlements et la rigueur avec laquelle il en poursuivit l'exécution sont la partie faible de son œuvre. L'absolutisme peut avoir sa raison d'être en politique; il ne l'a jamais en industrie. L'industriel, en effet, a pour motif déterminant son intérêt privé, et quand cet intérêt ne suffit point à le faire agir, l'impulsion qu'on prétend lui donner est factice. En créant donc des inspecteurs des manufactures, en leur conférant des pouvoirs plus étendus que ceux des anciens jurés élus par les corporations, on faisait une fausse application du principe d'autorité; on allait bien au delà des anciens statuts et de l'action disciplinaire qu'ils permettaient aux gardes d'exercer sur les métiers. Aux termes des règlements de Colbert, il ne s'agissait plus de saisie, de confiscation, d'amendes et autres peines frappant les choses et non les personnes. Les marchandises jugées, non pas défectueuses, mais extra-réglementaires étaient mises au pilori avec le nom du maître et de l'ouvrier; en cas de récidive, un blâme public était adressé aux délinquants, et, à la troisième contravention, ouvrier et maître pouvaient être mis au carcan avec un échantillon de la marchandise accusatrice, qui était ensuite lacérée et brûlée. Une législation aussi draconienne ne pouvait entrer dans les mœurs publiques; elle ne survécut pas à Colbert. Il est vrai de dire que la plupart de ses manufactures ne lui survécurent pas davantage; ce qui prouve qu'elles avaient été conçues et établies trop hâtivement. Les règlements qui les régissaient avaient, d'ailleurs, un vice capital : ils étaient trop fixes, trop immobiles pour demeurer longtemps des instruments de progrès, et sous ce rapport, ils ressemblaient un peu trop aux vieux statuts du XIIIe siècle. On n'avait pu, en les rédigeant, embrasser toutes les variétés de la fabrication, prévoir les caprices de la mode et les perfectionnements du travail. En les maintenant dans leur forme et teneur, comme les règlements d'Etienne Boileau, on emprisonnait donc le travail, et, après avoir décrété le progrès, on aboutissait à la routine.

Ces conséquences, fort logiques cependant, échappèrent à la perspicacité de Colbert, et, lorsque la mort vint le frapper, il fallut, d'une part, remanier ses règlements, de l'autre, laisser périr ses créations manufacturières les plus compromises. Ses inspecteurs, perpétuellement entravés dans leur mission, se virent obligés de pactiser avec les manufacturiers qu'ils étaient chargés de contrôler, et la fraude s'exerça dès lors sur une vaste échelle.

Que devenaient, pendant ce temps, les corporations contre lesquelles tout ce nouveau système avait été imaginé? Elles travaillaient, elles vendaient, et, ce qui importait beaucoup plus à Louis XIV, elles payaient. C'est, en effet, ce qu'elles ne cessèrent de faire, depuis la Révocation de l'Edit de Nantes (1685) jusqu'à la mort du roi (1715). L'émigration fut telle et l'accaparement des industries françaises par la Hollande, l'Angleterre et l'Allemagne prit de si grandes proportions, que les conseillers du roi songèrent à faire de la création des offices une source de revenus permanents. Déjà, à la mort de Colbert (1669) et au début de la campagne du Rhin (1672) on avait battu monnaie avec cet expédient financier, sans s'apercevoir que c'était un double impôt levé sur le vendeur et sur l'acheteur. Pendant trente ans environ, Louis XIV leva près de cent millions sur la production et sur la consommation francaise.

On est confondu en présence de tant d'ingéniosité : il a fallu que l'esprit de fiscalité fut bien inventif pour trouver des moyens si variés et imaginer des créations si fantaisistes : double impôt prélevé sur la vanité des gens qui voulaient être quelque chose « moyennant finance », et sur le travail, dont on prétendait, comme aujourd'hui, partager les produits. Il y a, en effet, fort peu de différence entre les agissements de Louis XIV à l'endroit des métiers et les théories contemporaines sur la participation aux bénéfices, l'impôt progressif et autres prélèvements tout aussi onéreux que pouvaient l'être les créations d'offices. Les corporations se sentirent profondément atteintes par ces nombreuses exactions; si, d'une part on affirmait le principe corporatif, en déclarant les communautés taillables et corvéables à merci et à miséricorde, d'autre part on ruinait toute industrie et tout négoce en imposant aux ouvriers et aux marchands, soit un contrôle incessant et vexatoire, soit un rachat coûteux et indéfini.

En 1691, on alla plus loin : sous le prétexte que les jurés appartenant aux communautés rançonnées se montraient hostiles aux titulaires des offices, ainsi qu'aux inspecteurs des manufactures, et encourageaient la résistance ouverte ou la fraude cachée, on établit, à la place des jurés élus, des « jurez en titre d'office »; mais le « bout de l'oreille » financière se montrait dans l'édit de création : le roi, y était-il dit, « espéroit en tirer, dans les besoins présens, quelques secours pour soutenir les dépenses de la guerre ». Les corporations s'émurent à la pensée de voir des étrangers s'immiscer dans leurs affaires ; elles demandèrent encore une fois à acquérir les nouveaux offices. Louis XIV y consentit, dit M. Levasseur : « il ne voulait que de l'argent ». Dans leur empressement à se rédimer, les communautés ouvrières et marchandes firent trop voir qu'elles étaient riches et qu'on pouvait encore les mettre à contribution : les merciers, par exemple, offrirent trois cent mille livres; les Six-Corps en donnèrent plus du double, et le roi en conclut naturellement — comme certain diplomate allemand l'a fait de nos jours — qu'il avait eu tort de recevoir si peu. Il revint donc à la charge, en créant (1695) des « auditeurs examinateurs des comptes » pour chaque corporation; c'était une nouvelle tentative d'immixtion dans la comptabilité des communautés ouvrières et marchandes. On paya encore de grosses sommes pour y échapper; mais ce fut peine et finance perdues, car, l'année suivante, on vit apparaître d'autres offices : les « trésoriers des bourses communes », qui donnèrent lieu à un nouveau rachat et furent suivis, à peu de distance, des « trésoriers receveurs et payeurs des communautés. »

Il semblerait que toutes ces créations aient dû épuiser à la fois et l'imagination des financiers royaux et les synonymes de la langue française : erreur. En 1704, on crée des « trésoriers receveurs et payeurs des communautés » et des « inspecteurs généraux des manufactures » dans chaque généralité; en 1706, on imagine des « greffiers-contrôleurs pour le paraphe des registres de commerce et des contrôleurs des poids et mesures »; en 1709, on voit surgir des « conservateurs des étalons et gardes des archives des corporations », et en 1710, des « contrôleurs et trésoriers-payeurs des gages des communautés ».

Le rachat successif de tant de sinécures finit par écraser les corps de métiers; la plupart furent obligés de contracter de gros emprunts hypothécaires; tous se virent obligés d'aggraver les charges, déjà si lourdes, qui pesaient sur le travail : droits de réception pour les apprentis, les valets et les maîtres, droits d'élection et de visite des jurés, contributions imposées aux fils de maîtres, chiffre des amendes, etc. A la mort de Louis XIV, les corporations étaient obérées, les chefs d'ateliers et de maisons de commerce ruinés; beaucoup avaient quitté leur métier ou leur négoce, pour échapper à la faillite, et ceux qui étaient restés en exercice voyaient leur situation gravement compromise. La fin du XVIIe siècle et le commencement du XVIIIe sont une époque critique pour le régime corporatif; et cependant, dit M. Levasseur, les classes ouvrières avaient prospéré : des manufactures établies de toutes parts, des professions sans nombre introduites ou rétablies en France, des métiers battant dans toutes les campagnes, la grande industrie créée, tout attestait le développement qu'avait pris le travail.

Le XVIIIe siècle, ou du moins le règne de Louis XV, qui en occupe la plus grande partie, apporta peu de changements au régime des corporations, telles que le moyen âge les avaient faites et telles que la Renaissance, Henri IV, Richelieu, Colbert et Louis XIV les avaient modifiées. Les idées réformatrices, qui devaient triompher peu d'années avant la Révolution, n'étaient pas encore nées, et les embarras financiers dans lesquels le feu roi avait laissé les communautés ouvrières et marchandes ne permettaient pas de faire la liquidation de l'ancien régime industriel. On ne fit que celle de sa dette, et elle ressembla fort à une banqueroute ; puis on se remit à vendre des lettres de maîtrise et à créer des offices, ce qui devait fatalement ramener les corporations à la gêne d'où elles avaient eu tant de peine à sortir. « Si la royauté, dit M. Levasseur, avait conservé le même esprit de fiscalité vis-à-vis des corporations, celles-ci, de leur côté, n'avaient rien changé à leur esprit d'égoïsme. Certaines communautés obtenaient, sous prétexte d'encombrement et de concurrence, des arrêts qui leur défendaient de recevoir, pendant trente et quarante ans de suite, des apprentis et des maîtres. D'autres décidaient de n'avoir qu'un compagnon dans chaque atelier et de ne plus veiller, afin d'élever le prix de la main-d'œuvre. La plupart limitaient le nombre des maîtres d'une manière beaucoup plus sévère que ne l'avaient jamais fait les corps de métiers du moyen âge ».

La royauté, qui était dans les mêmes idées, bien qu'elle fut fréquemment sollicitée par les inventeurs de modifier l'ancien régime industriel, continuait à réglementer, parce que le règlement est l'essence même du pouvoir. Malgré les inconvénients reconnus d'une réglementation minutieuse, qui ne peut tout prévoir et qui se trouve toujours déjouée par le caprice de l'acheteur et le génie inventif de l'artisan, elle multiplia les ordonnances sur les prohibitions, sur les plombs et les marques, et crut étouffer la fraude, c'est-à-dire l'esprit d'innovation, sous le poids des formalités. Ces nouveaux règlements — dernière forme que revêtait le principe d'autorité appliqué à l'industrie corporative — étaient, dit le savant économiste que nous avons plusieurs fois cité, des codes volumineux qui prescrivaient les moindres choses et qui, pour ne pas donner prise à la fraude, ne laissaient aucune place à la liberté ; ils comptaient jusqu'à deux cents articles. En même temps, ils se multipliaient à l'infini, à mesure que des procédés étaient découverts ou que des branches d'industrie se développaient. La législation allait toujours se compliquant et s'embrouillant ; au milieu du XVIIIe siècle, le moindre fabricant aurait eu besoin d'être un jurisconsulte consommé pour ne pas se perdre dans la multiplicité des règlements auxquels il était soumis... A part quelques rares exceptions, les règlements furent étroits, oppressifs et plus tyranniques que ceux de Colbert, alors qu'il n'y avait pas d'importation à faire et d'industrie naissante à protéger. Le règne de Louis XV n'eut donc rien d'original dans sa législation ouvrière ; il ne fut que l'exagération du règne de Louis XIV.

Tout autre fut celui de Louis XVI. Au moment où le jeune roi parvint au trône, l'esprit philosophique s'était développé dans d'énormes proportions. L'*Encyclopédie*, en renouvelant les théories et les formules de la science, comme le *Novum organum* de Bacon avait rajeuni tout l'enseignement scientifique du moyen âge, s'était déclarée l'ennemie des vieilles institutions en général et du régime corporatif en particulier. Une nouvelle école était née de ce mouvement : les *économistes* avaient annoncé l'intention de faire du gouvernement une science et de l'administration un ensemble de procédés philosophiques et mathématiques. Un esprit libéral soufflait de partout. Les vœux des Assemblées provinciales, et des Etats généraux en faveur de la liberté du travail étaient exhumés des cahiers où ils restaient ensevelis, et les bruits d'indépendance qui arrivaient du Nouveau-Monde révolutionnaient le monde des Métiers aussi bien que celui de la politique. Les économistes arrivèrent au pouvoir, avec Louis XVI, dans la personne de Turgot ; le jeune roi voulait sincèrement « le bonheur du peuple », et il crut l'assurer en affranchissant l'industrie et le commerce, en faisant tomber toutes les barrières qui arrêtaient depuis si longtemps l'esprit d'initiative.

L'édit de février 1776, qui eut l'importance d'un manifeste, indique nettement les idées dont la nouvelle réforme était l'expression. Le roi y déclare devoir sa protection « surtout à cette classe d'hommes qui n'ont de propriété que leur travail et leur industrie ». Il déplore que les aspirants aux arts et métiers ne puissent y parvenir « qu'en acquérant la maîtrise, à laquelle ils ne sont reçus qu'après des épreuves aussi longues et aussi nuisibles que superflues et après avoir satisfait à des exactions multipliées » ; il regrette que les ouvriers soient réduits « à n'avoir qu'une subsistance précaire sous l'empire des maîtres, à languir dans l'indigence ou à porter hors de leur patrie une industrie qu'ils auraient pu rendre utile à l'Etat » ; il voit avec peine que « l'on ne puisse exécuter le travail le plus simple sans recourir à plusieurs ouvriers de communautés différentes, au détriment du bas prix et de la perfection du travail ». Ce sont bien les principaux griefs articulés depuis longtemps contre le régime corporatif ; seulement les auteurs de l'édit sont plus philosophes qu'historiens dans leur exposé des motifs, quand ils disent que « ces codes obscurs, rédigés par l'avidité, adoptés sans examen dans des temps d'ignorance, sont contraires à l'humanité et aux bonnes mœurs » ; quand ils affirment que les corps de métiers, continuateurs des *Nautes* et des communautés gallo-romaines, n'ont d'autre origine que « la facilité de classer les citoyens par le moyen de leur profession, usage inconnu jusqu'alors ». Ils sont mieux inspirés en faisant, dès 1776, cette déclaration, véritable préface de celle des *Droits de l'homme* : « On a prétendu que le droit de travailler était un droit royal, que le prince pouvait vendre et que les sujets devaient acheter. Nous nous hâtons de rejeter une pareille maxime. Dieu, en donnant à l'homme des besoins, en lui rendant nécessaire la ressource du travail, a fait du droit de travailler la propriété de tout homme, et cette propriété est la première, la plus sacrée, la plus imprescriptible de toutes ».

En conséquence, le roi déclare le travail libre, éteint et supprime « tous les corps et communautés de marchands et artisans, ainsi que les maîtrises et jurandes, abroge tous privilèges, statuts, règlements et ne soumet l'exercice d'un commerce ou d'une profession quelconque qu'à une déclaration au lieutenant général de police. Viennent ensuite des descriptions de détails et des mesures relatives à la liquidation financière des communautés. L'exécution des contrats d'apprentissage est attribuée au lieutenant de police ; les confréries sont abolies, à la charge, par les évêques diocésains, d'acquitter les fondations pieuses ; toute assemblée de gens de métiers est interdite ; tous procès sont éteints, tous comptes devront être rendus, et tous biens, meubles et immeubles, vendus pour payer les dettes. Une série d'arrêts du Conseil interprète et rend exécutoire l'édit de février ; ces arrêts ordonnent des apositions de scellés, des versements de fonds et remises de deniers, des résiliations de baux, des suppressions de factums contraires à la nouvelle réforme, etc. ; ce qui est moins libéral, mais se voit sous tous les régimes.

Il faut croire cependant que ces « imprimés », comme on les qualifie dédaigneusement, firent quelque impression sur les économistes qui composaient le cabinet de Louis XVI, car sept mois après la promulgation de l'édit de février, il en fut publié un autre ne portant plus la signature de Turgot et Malesherbes, mais seulement celle de Miromesnil et d'Amelot. Le roi y déclarait que les

marchands et artisans seraient « classés et réunis suivant le genre de leur commerce, profession ou métier », et, en conséquence, il créait et érigeait de nouveau « six corps de marchands, y compris celui des orfèvres, et quarante-quatre communautés d'arts et métiers ». En dehors de ces quarante-quatre communautés, au profit desquelles on ne faisait pas revivre les abus de l'ancien régime, « tous les autres commerces, métiers et professions » étaient déclarés libres, moyennant une déclaration au lieutenant de police. Le nouvel édit était donc une transaction ; de puissantes influences avaient, sans doute, obtenu ce compromis.

Voici la nomenclature des quarante-quatre communautes nouvellement créées, avec les attributions de quelques-unes d'entre elles :

1° *amidonniers* ; 2° *arquebusiers, fourbisseurs, couteliers*, pouvant fabriquer et polir tous ouvrages d'acier; 3° *bouchers;* 4° *boulangers*, pouvant employer, en concurrence avec les pâtissiers, le beurre, le lait et les œufs; 5° *brasseurs;* 6° *brodeurs, passementiers, boutonniers;* 7° *cartiers;* 8° *chaircuitiers;* 9° *chandeliers;* 10° *charpentiers;* 11° *charrons;* 12° *chaudronniers, balanciers, potiers d'étain;* 12° *coffretiers, gaîniers,* en concurrence avec les selliers, pour faire et garnir les vaches, ou malles d'impériale des voitures; 14° *cordonniers;* 15° *couturières découpeuses,* en concurrence, pour la garniture des robes, avec les ouvrières en modes, et pour les corps de femmes et enfants, avec les tailleurs ; 16° *couvreurs, plombiers, carreleurs, paveurs,* le commerce des potiers de terre étant réuni à celui des faïenciers ; 17° *écrivains;* 18° *modistes, plumassières,* pouvant faire et tenir la broderie, en concurrence avec les brodeurs, et la découpure, en concurrence avec les couturières ; 19° *faïenciers, vitriers, potiers de terre,* pouvant vendre de la poterie de terre et de la porcelaine, en concurrence avec les merciers ; 20° *ferrailleurs, cloutiers, épingliers,* pouvant faire le commerce de petite « clincaillerie », en échoppe ou étalage seulement et non en boutique ou magasin, concurremment avec les merciers ; 21° *fondeurs, doreurs, graveurs sur métaux*, pouvant vendre les fontes garnies en fer, comme les merciers ; 22° *fruitiers, orangers, grainiers,* en concurrence avec les épiciers ; 23° *gantiers, boursiers, ceinturiers;* 24° *horlogers;* 25° *imprimeurs en taille-douce;* 26° *lapidaires*, en concurrence avec les orfèvres pour la mise en œuvre en fin et en faux ; 27° *limonadiers, vinaigriers,* pouvant faire concurrence aux confiseurs, épiciers, pâtissiers et brasseurs, pour la vente des liquides ; 28° *lingères;* 29° *maçons* ; 30° *maîtres d'armes;* 31° *maréchaux-ferrants et éperonniers,* la profession de maréchal-grossier étant réunie à celle de taillandier-serrurier ; 32° *menuisiers, ébénistes, tourneurs, layetiers;* 33° *paumiers;* 34° *peintres, sculpteurs* en bâtiments, meubles et voitures, pouvant exercer en même temps les professions de vernisseur et doreur sur bois, de sculpteur-marbrier, de marchand de tableaux et de couleurs, traiter de la peinture et de la sculpture antiques ; 35° *relieurs, papetiers, colleurs,* pouvant tenir, en concurrence avec les merciers, tout ce qui sert à l'écriture et au dessin; 36° *selliers, bourreliers,* faisant et posant les stores et ferrant les portes de voitures, en concurrence avec les serruriers ; 37° *serruriers, taillandiers, ferblantiers, maréchaux grossiers*, séparés des maréchaux-ferrants ; 38° *tabletiers, luthiers, éventaillistes,* pouvant tenir, concurremment avec les peintres-sculpteurs, la peinture et le vernis pour leurs professions; 39° *tanneurs, hongroyeurs, corroyeurs, peaussiers, mégissiers, parcheminiers;* 40° *tailleurs* et *fripiers en vêtements*, tenant boutique ou échoppe, pouvant faire des boutons, en concurrence avec les passementiers-boutonniers, et vendre de vieux habits, concurremment avec les *fripiers-brocanteurs* courant les rues, — les fripiers en meubles sont réunis aux tapissiers ; — 41° *tapissiers, fripiers en meubles et ustensiles, miroitiers*; 42° *teinturiers en soie*, du grand et du petit teint ; *tondeurs et fouleurs de draps* ; 43° *tonneliers, boisseliers* ; 44° *traiteurs, rôtisseurs, pâtissiers*, en concurrence avec les confiseurs, les épiciers et les limonadiers.

Un second tableau, annexé à l'édit du 23 août 1776, indiquait les professions faisant partie des communautés supprimées et pouvant être exercées librement. Ce sont celles de *bouquetières, brossiers, boyaudiers, cardeurs de laine et de coton, coiffeuses de femmes, cordiers, fripiers-brocanteurs* achetant et vendant dans les rues, *fabricants de fouets, jardiniers, linières, filassières, maîtres de danse, nattiers, oiseleurs, pains d'épiciers, patenôtriers-bouchonniers, pêcheurs à verge, pêcheurs à engin, savetiers, tisserands, vanniers, vidangeurs.*

Un troisième et un quatrième tableau, annexés au même édit, donnent les tarifs des droits de confirmation, réunion et admission dans les six nouveaux corps de marchands et dans les quarante-quatre nouvelles communautés ouvrières. La comparaison des chiffres permet de constater que les divers droits perçus par les corporations avant l'édit de février sont réduits au tiers, au quart et même au cinquième ; ce qui donne à la réforme son véritable caractère : c'est avant tout une réaction contre l'esprit de fiscalité qui avait, avec le temps, dénaturé complètement l'ancien régime corporatif.

La retraite de Turgot, qui suivit de près l'édit de février fut suivie de près aussi, par la chute des ministres qui lui succédèrent et qui avaient tenté de concilier l'esprit de conservation avec les besoins de réforme qui se révélaient de toutes parts ; les deux ministères sincèrement libéraux, pleins de bonnes intentions et désireux de supprimer les abus sans nuire aux intérêts, tentèrent de faire la révolution par ordonnance. N'osant s'attaquer tout d'abord aux grands privilégiés, à la noblesse, au clergé, aux parlements, aux hommes de cour, à tout ce monde de robins qu'on appelait « les gens du roi », ils débutèrent par l'arrière-ban de la société ; ils voulurent réformer le monde du travail, et mirent leur œuvre sous la protection de la philosophie et de la science économique. Mais là même, dans les rangs obscurs des boutiquiers et des travailleurs, ils éprouvèrent des résistances inattendues ; on les accusa d'imprudence au point de vue politique et social, d'injustice sous le rapport du droit et de l'équité. L'ancien ordre de choses se sentit ébranlé par la suppression pure et simple des corps marchands et ouvriers ; il comprit qu'une mesure analogue pouvait l'atteindre et qu'il ne devrait, dans l'état financier de la France, compter sur aucune compensation. Là est peut-être le principal écueil contre lequel les projets de réforme vinrent échouer : les « récompenses », comme on disait autrefois, les indemnités, comme on dit aujourd'hui, sont une transition nécessaire entre deux régimes, et ce principe est si vrai que nul ne songe à supprimer, sans dédommagement, les charges des officiers ministériels, demeurées vénales après un siècle de réforme judiciaire.

Nous le répétons, la transition d'un système à l'autre exige des ménagements, et c'est dans l'art des transitions que réside le savoir-faire politique plus encore que l'habileté littéraire.

Quoi qu'il en soit, l'organisation bâtarde des Six-Corps et des quarante-quatre communautés se maintint plus ou moins mal jusqu'à la Révolution : les métiers émancipés firent, autant qu'ils le purent, tort aux professions privilégiées ; la liberté battit en brèche le monopole, et la concurrence prépara la ruine définitive du régime corporatif replâtré par Amelot et Miroménil. L'assemblée constituante et celles qui lui succédèrent reprirent. en les exagérant, les idées de Turgot et des économistes : à part un petit nombre d'industries auxquelles on reconnut une certaine importance politique, la masse des métiers fut définitivement affranchie, et le vieux régime corporatif n'est resté dans la mémoire des ouvriers et des patrons qu'à l'état de souvenir.

Arrivé au terme de cette étude beaucoup trop sommaire, nous devons en tirer, avec le lecteur, les conclusions qu'elle comporte. Le régime corporatif a eu son temps, et nul ne songe aujourd'hui à le faire revivre : d'autres institutions, d'autres mœurs ont changé le point de vue et dirigé les aspirations vers un nouvel idéal. La communauté, qui avait, pendant de longues années, garanti l'indépendance du travail et la dignité du travailleur, est devenue, avec le temps, un instrument d'oppression et un moyen de fiscalité ; l'individualisme, qui était jadis une faiblesse, a pris le nom d'initiative et s'est transformé en force ; une législation plus équitable a sauvegardé les droits que les statuts des métiers étaient autrefois seuls à protéger, et rendu moins nécessaire ce fief collectif dans lequel le travail était contraint de se cantonner. C'est alors qu'à l'exemple des barons descendant des hauteurs de leur manoir pour habiter une simple villa dans la plaine, le travail a quitté sa forteresse corporative et détruit les ouvrages avancés qui, sous le nom de *maîtrises* et de *jurandes*, en défendaient les abords. Les grands politiques des XV^e^, XVI^e^, XVII^e^ siècles, depuis Louis XI jusqu'à Richelieu, avaient démantelé les châteaux pour empêcher une résistance quelconque de s'organiser derrière leurs murailles ; les conseillers de Louis XIV continuèrent cette œuvre de destruction, en créant à côté des corporations, les surintendances, les académies, les manufactures royales, c'est-à-dire des privilèges brochant sur de vieux monopoles ; enfin les économistes du XVIII^e^ siècle portèrent le dernier coup à l'ancien édifice féodal : ils abolirent les communautés ouvrières, afin que le travail n'y fût point emprisonné et que l'esprit du passé ne pût s'y maintenir.

Cette révolution qui eut été funeste au temps d'Etienne Boileau, est venue à son heure. et a réalisé à son tour un incontestable progrès. Mais est-elle le dernier mot de la science économique, et n'est-il pas sage de rechercher, dans les statuts de l'ancien régime, ce que le nouveau pourrait utilement lui emprunter ? Le système corporatif avait ses abus, que personne ne songe à ressusciter, et ses avantages de temps et de lieu, qui ont disparu avec l'état social dont il était l'expression. Ce qui n'a pu périr, ce sont les qualités essentielles et les vertus intrinsèques de ce régime, parce que les unes et les autres tiennent au principe d'association, qui est le correctif de la faiblesse individuelle.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, le patronage s'exerçait à tous les degrés de l'échelle ouvrière, et l'appel à une juridiction paternelle y était fréquent. Les différends aboutissaient généralement à une conciliation, parce que l'esprit de famille régnait dans l'atelier, l'esprit de fraternité dans l'ensemble du métier, et qu'une certaine solidarité unissait entre elles les diverses corporations ouvrières, malgré les rivalités et les jalousies qui pouvaient les diviser.

Ce lien professionnel s'est rompu avec la proclamation du principe de la liberté ouvrière, qui a créé l'individualisme industriel et exagéré la puissance de l'homme d'argent ; ce ciment, qui faisait des pierres de l'édifice un seul et solide bloc, s'est désagrégé peu à peu sous l'action dissolvante de l'intérêt personnel. Les apprentis, ces enfants gâtés du vieux patron et de la vieille patronne, sont devenus impatients du joug et oublieux de leurs devoirs, tandis que plus d'un maître moderne s'est habitué à ne voir en eux que des instruments de travail gratuit et de gain facile.

Si l'on devait juger un régime par le mot qui le caractérise le mieux, on appliquerait à celui de la communauté ouvrière l'épithète de protecteur, et cela dans le sens le plus large et le plus étendu. Il était, en effet, un véritable protectorat organisé au profit de tous, et nous allons, pour n'avoir pas à y revenir, énumérer ici toutes les formes que revêtait ce protectorat multiple.

L'apprenti était protégé à la fois contre lui-même et contre son maître, contre sa propre étourderie et contre les abus du pouvoir dont il pouvait être victime. L'ouvrier était défendu par le texte des règlements de la communauté et par les jurés, interprètes légaux des statuts du métier, contre la mauvaise foi du maître qui aurait eu la velléité soit de le congédier avant la fin de son louage, soit de diminuer son salaire ou d'augmenter son travail. Il était protégé, par les termes mêmes de son engagement, contre l'inconstance de son caractère et les inconséquences de son humeur. Enfin il n'avait à redouter ni la concurrence du « rouleur », ouvrier vagabond non agrégé à la corporation, qui aurait essayé de le supplanter, ni les usurpations des travailleurs d'un autre métier, qui se seraient avisés d'empiéter sur son domaine. Son travail était une propriété ; il y avait droit, quoique dans un sens tout différent de celui qu'on a donné de nos jours à cette expression. Le maître, à son tour, armé au dedans contre l'insubordination et la paresse des apprentis et des valets, protégé au dehors contre les exactions et les entreprises rivales, assuré de la vente de ses produits par la limitation du nombre des ateliers, vaquait paisiblement aux soins de son industrie, et ne craignait pas de voir l'atelier paternel déchoir entre ses mains. Le public lui-même trouvait son compte à ce régime : une réglementation sévère le protégeait contre les malfaçons, le faux poids, le mesurage frauduleux et la camelote ».

L'interdiction de l'accaparement, de la resserre, et de la spéculation le garantissait contre la hausse factice des denrées, et assurait, à des conditions normales, l'approvisionnement, ainsi que l'abondance de toutes les choses nécessaires à la vie.

C'était, il faut bien en convenir, une sorte de mise en tutelle de la société tout entière ; mais l'idée était dans les esprits et le régime parfaitement approprié aux conditions économiques dans lesquelles vivait le moyen âge. Il ne venait alors à la pensée de personne que le public dût se défendre lui-même contre les industriels trompeurs et les marchands malhonnêtes, soit en les dénonçant, soit en s'abstenant d'aller chez eux. Ce principe de la protection personnelle, du *self government* appliqué aux choses de la vie ordinaire, eut été considéré comme une énormité ; les masses y auraient vu la négation des devoirs sociaux, et l'on ne peut guère leur donner absolument tort. La société repose, en effet, sur une délégation, avouée ou tacite, des droits de chacun à un représentant de la collectivité. C'est à cette condition seulement que l'individu abandonne tout ou partie de sa force physique, de sa liberté, de son initiative privée, qu'il ne se fait pas justice lui-même et qu'il en appelle, quand il se croit lésé, au pouvoir dépositaire de ses droits. Les Français du moyen âge eussent peut-être éprouvé quelque embarras à formuler ces idées abstraites en langage philosophique ; mais ils en avaient le sentiment, et ils y accommodaient les choses de la vie commune. Ils éprouvaient, d'ailleurs, d'autant plus vivement le besoin d'être protégés, qu'ils se sentaient plus menacés par l'arbitraire dans leur personne et dans leurs biens.

Après un siècle de libre concurrence entre les métiers, de libre débat entre l'acheteur et le vendeur, plus d'un citoyen fait encore appel à la protection de ceux qui le gouvernent : celui-ci veut qu'on maintienne à tout prix son industrie ; celui-là, qu'on lui assure du travail ; cet autre qu'on tarifie les produits manufacturés et les objets de consommation ; presque tous, qu'on en maintienne administrativement l'abondance et qu'on en garantisse officiellement la qualité. Sommes-nous donc si loin des idées économiques de l'ancien régime ?

Le principe même de la limitation des ateliers, qui domine toute la législation ouvrière du moyen âge, recevait, hier encore, son application. La génération présente a vu, dans l'ordre matériel, la boulangerie, la boucherie, l'industrie des transports, restreintes à un nombre fixe de numéros ; dans la série des professions quasi-libé-

rales, l'imprimerie et la librairie exercées en vertu d'un brevet révocable. L'Etat s'est réservé, d'autre part, dans une pensée de fiscalité, certaines fabrications qu'il interdit au public ; il maintient, en outre, avec la vénalité des offices ministériels, la limitation du nombre de ces charges, qui sont, en définitive, des industries entre les mains de ceux qui les détiennent. Si éloigné qu'il soit de nos mœurs, le régime corporatif a donc laissé plus d'une trace dans nos institutions modernes. N'est-ce point parce qu'il contient une parcelle de la vérité économique et parce qu'il représente un certain côté des choses, le côté patriarcal et protecteur, qui caractérise les sociétés en formation ?

C'est précisément pour ce motif qu'il s'est transformé par degré, avec les mœurs et l'état social. A mesure que les chefs d'industrie se sont sentis plus entreprenants et plus forts, en présence des débouchés nouveaux qui s'ouvraient devant eux ; que les ouvriers, certains d'être occupés dans un atelier quelconque, ont pu débattre plus librement les conditions de leur concours ; que le public s'est trouvé, par le fait même de la concurrence, plus en situation de choisir les objets et de contester les prix, ce besoin universel de protection s'est amoindri, et chacun est rentré peu à peu en possession du droit naturel qu'il avait eu jadis raison d'aliéner. Les vieux règlements sont donc restés debout, comme de vivants témoins d'un autre âge, tandis que les mœurs et l'état social s'etaient profondément modifiés, de telle sorte que, quand on y a porté la hache, on s'est aperçu que ces colonnes de l'ancien édifice économique ne soutenaient plus rien.

Est-ce à dire que tout s'est écroulé avec elles? Les économistes les plus avancés ne le pensent point ; tout en reconnaissant que le régime de la liberté est plus favorable aux grandes initiatives et plus fortifiant pour les tempéraments vigoureux, ils font des réserves en faveur des natures moins heureusement douées. Le système de la communauté patriarcale et protectrice ne leur semble donc pas devoir être irrémissiblement condamné. Ils savent que, dans la famille ouvrière, comme dans la famille civile, il y aura toujours des petits et des faibles : apprentis maladifs et inintelligents, jeunes ouvriers languissants ou malhabiles, vieux travailleurs affaiblis ou arriérés, maitres et contre-maitres imprévoyants, dépensiers, mauvais gérants de leurs intérêts et de ceux des autres, c'est-à-dire tout un monde à protéger et à contenir.

Faut-il laisser ces petits et ces faibles s'abimer dans la mêlée générale, ces irréfléchis et ces maladroits se heurter aux écueils de la vie industrielle, ces vétérans du travail se morfondre à la porte des ateliers qui refusent de les admettre ? Faut-il abandonner à leur propre force les courageux, et les résolus, qui se trouvent en présence de plus puissants qu'eux ? Autant de problèmes qui s'imposent, depuis plusieurs années, aux méditations des économistes et à l'attention des hommes d'Etat. Si le bon sens a fait justice de certaines théories ultra-centralisatrices et destructives de la liberté du travail, il ne s'est pas prononcé moins ouvertement en faveur d'institutions véritablement protectrices, quel que soit le régime auquel on les emprunte. Les conseils de prud'hommes sont dans nos lois et dans nos mœurs; les chambres syndicales commencent à y entrer ; les sociétés de secours mutuels et les caisses de retraite pour la vieillesse ont remplacé la « boite » des anciennes corporations ouvrières ; les sociétés coopératives forment un capital collectif en faveur de ceux qui n'ont pas « de coi achapter les mestiers, » comme on disait au temps d'Etienne Boileau ; d'autres institutions, en préparation ou en projet, témoignent de la vitalité de ce régime que les économistes de 1776 ont bien pu abolir, mais qui a survécu à sa ruine, au moins dans ce qu'il avait de plus juste et de plus généreux.

Turgot et ses amis ont fait, en leur temps, ce que leur conseillaient la voix publique et la raison d'Etat. Poussés par l'opinion, qui s'était prononcée depuis longtemps contre les entraves apportées à la liberté du travail, témoins du prodigieux développement qu'avaient pris les industries et les transactions commerciales, en présence des progrès de l'outillage, qui centuplaient les forces productrices, et des débouchés nouveaux qui ouvraient à la consommation un horizon presque illimité, ils firent tomber les barrières que les règlements avaient multipliées autour du travail, et lui donnèrent ainsi une immense expansion. Plus hardis que l'Angleterre et l'Allemagne, qui ont su ménager une transition entre les deux régimes et conserver ce que l'ancien avait de bon, ils ont procédé par voie de réforme radicale et rendu, de la sorte, presque inévitables certains retours aux errements du passé. La science économique est assez forte aujourd'hui pour discerner ce qui vaut la peine d'être relevé dans cet immense écroulement, et l'Etat moderne assez solidement assis pour n'avoir rien à craindre de quelques emprunts à un régime aboli.

D'un côté, des principes absolument ou relativement vrais, tels que ceux-ci :

Protection de l'enfance ouvrière; garantie du travail à qui en vit et de la propriété industrielle à qui la possède; examens et stage pour constater la capacité des aspirants et interdiction du cumul des professions pour en empêcher l'exercice abusif; surveillance de la fabrication pour assurer la loyauté du commerce; fonctionnement régulier d'une juridiction ouvrière ayant la main sur tous les métiers, depuis l'apprentissage jusqu'à la maitrise; indivision du travail, de manière à former, avec le temps, un ouvrier complet et un maitre futur; suppression de tout intermédiaire parasite entre le producteur et le consommateur; travail en commun et sous l'œil du public; solidarité de la famille ouvrière; assistance aux nécessiteux du métier, etc.

D'autre part des idées fausses et des pratiques abusives, telles que celles-ci :

Prolongation immodérée de l'apprentissage; difficultés excessives apportées à l'obtention de la maitrise; mesures fiscales et redevances arbitraires; réglementation méticuleuse et chômages trop fréquents; transmission routinière et exclusive de procédé de fabrication, ce qui exclut la recherche et la mise en pratique de moyens meilleurs; maintien des prix; défense de faire « monopole, compagnie, » achats à terme, marchés à livrer, resserre et entrepôts, c'est-à-dire de spéculer, de négocier, de prévoir, et par conséquent d'étendre ses opérations, de s'ouvrir de nouveaux débouchés pour ne pas nuire à la consommation locale.

Voilà certes un mélange d'erreurs et de vérités économiques, qui explique la durée de ce régime pendant tout le moyen âge et son abolition la veille de la Révolution française. Expression de la société chrétienne, féodale et monarchique, la régime corporatif plaçait la société sous la main de l'Eglise, des seigneurs et du roi; celui de Turgot et des économistes, élargi par la Révolution, est fait, au contraire, à l'image du monde moderne essentiellement laïque et libéral; il ne soumet le travail à aucune puissance de l'ordre moral ou politique; mais, en l'affranchissant de toute sujétion civile ou religieuse, il le laisse sans autre protecteur que lui-même.

Il appartient à un siècle chercheur et réfléchi, qui a l'habitude et le goût des études comparées de faire, entre l'un et l'autre régime, d'utiles rapprochements. Le temps n'est plus où l'on proscrivait en masse et sans jugement les institutions d'un autre âge. A ces condamnations systématiques a succédé un éclectisme judicieux, qui prend son bien partout où il le trouve et qui transforme peu à peu, par la puissance d'assimilation dont il est doué, les choses contingentes, les idées relatives, les institutions temporaires, en vérité permanente et en justice absolue. C'est à ce point de vue qu'il faut se placer pour juger sainement des corporations d'autrefois et de l'individua-

lisme d'aujourd'hui, et pour se tenir à égale distance de l'enthousiasme et du dénigrement. — L. M. T.

Six-Corps (Les). Il existe entre les *corporations ouvrières* de Paris et les *Six-Corps de la marchandise* une distinction capitale : ceux-ci faisaient le négoce et ne travaillaient pas manuellement; celles-là, au contraire, se composaient d'artisans qui « œuvroient et besongnoient de leurs mains; » aussi, appelait-on les communautés « les mestiers méchaniques; » qualification qui les différenciait radicalement des Six-Corps. Tandis que ces représentants de la « marchandise » arrivaient aux fonctions municipales, pouvaient s'asseoir sur le siège de la prévôté bourgeoise, être anoblis par leurs fonctions et prendre légalement le titre d'écuyers, les artisans, proprement dits, restaient dans la sphère du travail manuel et ne dépassaient pas, dans la hiérarchie municipale, les humbles fonctions de dixainier et de cinquantenier; c'était pour eux un honneur insigne que de devenir quarteniers; mais jamais on ne les vit ni échevins, ni prévôts des marchands.

Les Six-Corps formaient donc une aristocratie marchande dont l'origine remontait à la hanse parisienne ou corporation des *Nautes parisiens*, qui se transforma en compagnie des marchands de l'eau « *mercatores aque Parisius,* » ou « marchans de l'eau. hansez de Paris, » comme on le lit dans les vieux titres. Tout le commerce en gros, sans distinction de marchandises, était réuni dans leurs mains, par cette simple raison que les routes n'existaient point alors, sauf quelques voies romaines sans entretien, que « les rivières sont des chemins qui marchent, » selon le mot de Pascal, et qu'à Paris tout arrivait par la Seine. Les marchands hansés vendaient donc de tout, ainsi qu'on le voit encore dans quelques bourgades de province, où un particulier, sous la dénomination générique de *marchand*, tient tous les produits qui se débitent dans le pays.

Mais, de même que le marchand unique voit les diverses spécialités se détacher de son commerce pour constituer des branches à part, au fur et à mesure que la localité prend de l'importance, ainsi l'antique Marchandise de l'eau, qui avait suffi aux besoins de la population parisienne depuis la période gallo-romaine jusqu'aux invasions des Normands, se spécialisa, sans se désagréger, vers la fin de la seconde race et au commencement de la troisième. Félibien fait observer cependant avec raison qu'un des Six-Corps, le plus riche et le plus fastueux de tous, celui des orfèvres, « paroit avoir esté entièrement isolé du commerce de l'ancienne compagnie des marchans hansez, » non seulement parce qu'il y a, dans l'orfèvrerie, un côté « méchanique, » c'est-à-dire la mise en œuvre de l'or, de l'argent, des pierreries, des diamants et des perles, mais encore, selon le même historien « parce que l'ordre public demandoit, pour la sûreté des particuliers, que la fabrication et le commerce des matières et ouvrages d'or et d'argent, le trafic des perles et des pierres précieuses ne fussent pas abandonnez arbitrairement à des particuliers sans discipline et sans connaissance. » Félibien invoque à l'appui de son opinion saint Eloi et saint Théau, son disciple, orfèvres des rois Clotaire II et Dagobert Ier et cite l'édit sur le fait des monnaies et du titre des matières d'or et d'argent, donné en 864, dans l'Assemblée de Pistes, sous le règne de Charles-le-Chauve. Aux orfèvres se rattachèrent d'abord les changeurs et monnoyeurs, qui formèrent ensuite un corps distinct, et finirent par céder la place aux bonnetiers.

Les autres Corps de la marchandise ne paraissent que sous les Capétiens : les drapiers, pelletiers, épiciers et merciers, sous le règne de Philippe-Auguste et les bonnetiers au XVe siècle; quant aux marchands de vins qui, sans faire essentiellement partie des Six-Corps, jouissaient des mêmes privilèges, ils semblent en avoir constitué un septième sous le règne de Louis XIV. Après avoir été primitivement et virtuellement renfermés dans la Compagnie des marchands hansés de l'eau, les Six-Corps ont conservé leur autonomie pendant un temps qu'on ne saurait préciser, et se sont syndiqués de nouveau dans l'intérêt de leurs franchises, immunités et privilèges. Voici l'ordre dans lequel Félibien les énumère :

I. *Les Changeurs*. Ils habitaient autrefois les maisons dont était couvert le Grand Pont nommé, pour cette raison, le Pont-au-Change, ou aux changeurs. Obligés de quitter ce lieu qui était très fréquenté, parce qu'il constituait le principal passage de l'une à l'autre rive à travers la Cité, ils perdirent beaucoup à se déplacer, et furent surtout très atteints par les ordonnances, édits, pragmatiques sanctions et autres actes royaux interdisant les envois d'argent à Rome. En 1514, leur prospérité avait tellement diminué, et le nombre des chefs de maison était descendu si bas, qu'ils déclinèrent l'honneur de porter le dais sur la reine Marie d'Angleterre, troisième femme de Louis XII; corvée honorable, mais coûteuse, qui fut acceptée avec empressement par les Bonnetiers.

II. *Les Drapiers*. Ils ont toujours occupé le premier rang dans les cérémonies, et ils le devaient, dit-on, à une concession des Pelletiers. Ils habitaient, dans la Cité, la rue de la Draperie qui leur devait son nom, et possédaient la Halle aux draps, dont ils nommaient le gardien, ainsi que les vingt-quatre courtiers et auneurs de draps de Paris. Leur corps comprenait deux sections, celle des Drapiers proprement dits et celle des Drapiers-Chaussetiers, qui après de longs dissentiments, se réconcilièrent en 1633 et réunirent leurs confréries en une seule. Le siège de cette confrérie unique fut transféré de l'église Saint-Pierre-des-Arcis à celle de Saint-Denis-de-la-Chartre, puis à la chapelle de Sainte-Marie-l'Egyptienne, vulgairement appelée de la Jussienne. La maison syndicale des drapiers était située dans la rue des Déchargeurs; on l'a, de nos jours, déposée pierre par pierre, transportée et réédifiée dans le jardin de l'Hôtel Carnavalet. Les Drapiers reçurent, en 1629, de Christophe Sanguin, prévôt des marchands, des armoiries portant un navire d'argent sur champ d'azur, à la bannière de France, avec un œil en chef, et cette devise : *Ut cœteras dirigat*, pour marquer que ce corps est le premier et dirige les autres.

III. *Les Epiciers*. Ce corps qui comprenait l'épicerie, la pharmacie et la fabrication de la chandelle, était nommé, aux XIIIe et XIVe siècles, « le commun des officiers marchans d'avoir de poids, » sans doute parce qu'ils avaient en dépôt l'étalon royal des poids de Paris. Ces négociants, qui prenaient aussi le titre de « marchans, grossiers, espiciers, chandeliers et apoticaires » demeurèrent assez longtemps unis, malgré la différence de leur commerce. Les Chandeliers furent les premiers qui demandèrent et obtinrent leur séparation (XVe siècle); les Apothicaires voulurent, un siècle plus tard, nommer les gardes de leur métier, sans convoquer les Epiciers; le roi le leur permit. C'était le prélude de leur émancipation; mais ils n'y parvinrent que beaucoup plus tard. En 1634, il fut décidé que les droits de nomination et autres privilèges seraient alternativement partagés entre les Epiciers et les Apothicaires; mais ceux-ci obtinrent de ne « faire chef-d'œuvre » que devant deux de leurs confrères et deux médecins de la faculté de Paris, tandis que les Epiciers subissaient cette épreuve devant les gardes de l'épicerie et de l'apothicairerie; ce qui les subalternisait. D'autre part, la visite des officines de pharmacie avait lieu par les Apothicaires assistés de deux docteurs en médecine de la Faculté de Paris, professeurs en pharmacie, alors que les jurés de l'épicerie visitaient seuls les boutiques de cet ordre. En revanche, les Epiciers, disent Le Roy et Félibien, jouissaient d'une prérogative qui rehaussait singulièrement leur commerce. Les gardes de ce corps avaient le droit de visiter les poids et les balances dans les maisons, boutiques et magasins de

tous les artisans et marchands vendant leurs produits et denrées au poids, « mesme, ajoutent-ils, chez les maistres de coches et carrosses de voitures ; » mais ce privilège s'arrêtait devant les cinq autres corps dont ils n'avaient point à vérifier les poids et mesures, parce que c'eut été faire acte de suprématie. Les Epiciers qui, de temps immémorial, exerçaient cette prérogative, étaient tenus de faire vérifier, tous les six jours, leurs étalons sur les matrices originales conservées à la Cour des monnaies et remontant, croyait-on, à Charlemagne. Les Epiciers de Paris avaient pour patron saint Nicolas; leur confrérie a été transférée successivement de l'église de l'Hôpital-Sainte-Catherine à celle de Saint-Magloire, puis à Sainte-Opportune et enfin aux Grands-Augustins. Leurs armoiries, concédées en 1629, comme celles des Drapiers se blasonnaient ainsi : coupé d'azur et d'or; sur azur, à la main d'argent tenant des balances d'or; sur or, deux nefs de gueules, flottantes, à la bannière de France accompagnée de deux étoiles de gueule, avec cette devise : *Lances et pondera servant* (ils gardent les balances et les poids).

IV. *Les Merciers.* Ce corps dont le nom signifie étymologiquement marchand, a toujours embrassé une très grande variété de marchandises. Les cinq autres corps

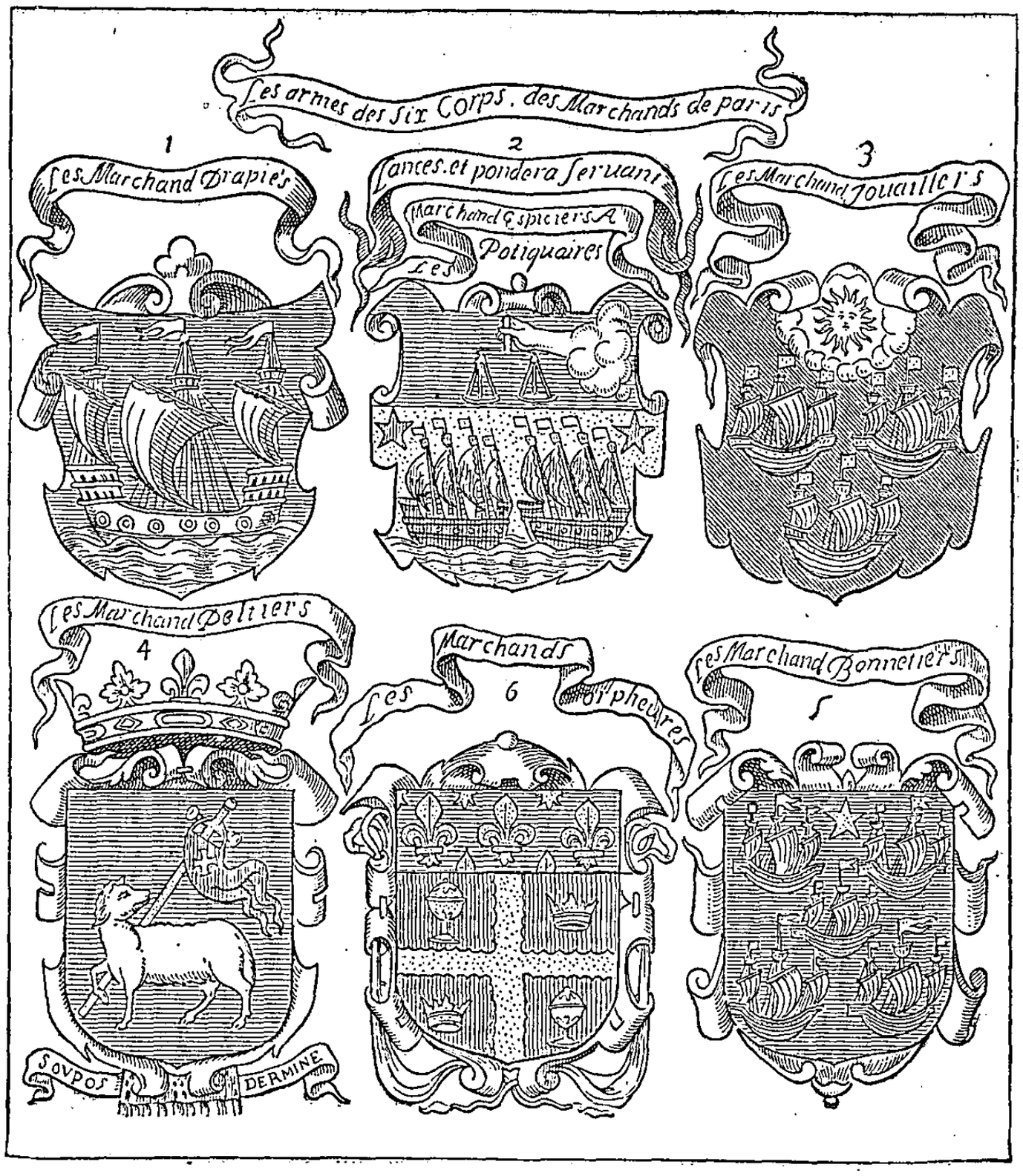


Fig. 506.

et un grand nombre de communautés ouvrières se sont plus d'une fois plaints de ses empiètements; aujourd'hui même, on ne sait au juste où commence et où finit le commerce de la mercerie. Aussi les appelait-on « merciers, grossiers et jouaillers; » on eut pu ajouter « espiciers » parce qu'ils tenaient également certaines marchandises appartenant à l'épicerie, pour faire pièce à ce dernier corps, dont les gardes s'intitulaient : « gardes de la marchandise d'épicerie, grosserie et mercerie. » Au XVIIe siècle, dit Félibien, le corps des Merciers ne comprenait pas moins de deux mille cinq cents familles, et, cent cinquante ans auparavant, ils étaient, ajoute cet historien, « si nombreux et si accommodez que le roi Henri II, faisant faire au Landit une reveuë générale des gens de pied de Paris, y trouva sous les armes plus de trois mille merciers, et en si bon équipage qu'il les fist mettre en bataille. » Les Merciers avaient leur chambre syndicale dans la rue Quincampoix et leur confrérie dans la chapelle du Saint Sépulcre; leur patron etait le roi saint Louis. Comme les autres corps, ils avaient reçu, en 1629, des armoiries se blasonnant ainsi : de sinople, à trois nefs d'argent à la bannière de France, posées deux et une, au soleil d'or à huit rais, en chef, entre deux nefs; devise : *Te toto orbe sequemur* (nous te suivrons dans tout l'univers).

V. *Les Pelletiers*, qui étaient jadis distincts des *Fourreurs* les ont absorbés, en 1586, afin de donner plus de consistance à leur corps. Cependant leur importance a toujours été en décroissant; ce qui ne leur a pas permis de lutter contre les Merciers auxquels ils ont longtemps

disputé le troisième rang dans les cérémonies publiques. Ils avaient pour patronne la Sainte Vierge, pour fête celle du *Corpus Christi* et pour siège de leur confrérie l'église des Carmes-Billettes. Pourvus d'armoiries anciennes qu'ils tenaient, disait-ils, d'un duc de Bourbon, comte de Clermont, grand chambellan de France, en 1368 et protecteur de leur corps à cette époque, ils n'avaient pas eu besoin d'en demander au prévôt Christophe Sanguin. Ces armoiries portaient : un agneau pascal d'argent en champ d'azur, à la bannière de gueules ornée d'une croix d'or ; l'écu sommé d'une couronne ducale et ayant pour supports deux hermines.

VI. *Les Bonnetiers*, qui occupaient le cinquième rang dans les cérémonies publiques, avaient remplacé les Changeurs, ainsi que nous l'avons dit plus haut. Etablis en communauté dans le courant du XIVe siècle, ils fabriquaient et vendaient des aumusses, des mitaines et même des chapeaux ; aussi sont-ils qualifiés, dans un document de 1390, de « aulmussiers, bonetiers, mitainiers, et chapeliers de Paris. » Leur patron était saint Fiacre — qui, de nos jours, est celui des jardiniers. — Le choix qu'ils en avaient fait tenait à sa qualité de fils d'un roi d'Ecosse, pays dont on a tiré les premiers ouvrages de bonneterie faits en tricot. Ils avaient leur bureau, ou chambre syndicale, dans le cloître de Saint-Jacques-de-la-Boucherie et leur confrérie dans cette église. Leurs armoiries, dues comme celles des autres corps — sauf les Pelletiers et les Orfèvres — à la concession de Christophe Sanguin, étaient : d'azur à cinq navires d'argent, à la bannière de France, avec une étoile d'or en chef. « Ils ont depuis changé ces armes, dit Félibien, ostant l'étoile pour mettre en abisme une toison d'argent, accompagnée de trois navires en chef et deux en pointe. »

VII. *Les Orfèvres*. Ce corps, le plus ancien de tous, ainsi que nous l'avons dit plus haut, n'occupait cependant que le sixième rang dans les cérémonies publiques ; mais il avait le privilège de porter le dais au-dessus du Saint Sacrement à la procession du *Corpus Christi* : le regrettable missel de Juvénal des Ursins représente les Orfèvres couronnés de « chapeaux de fleurs » et remplissant, en effet, ce pieux office. Compris dans les statuts enregistrés par Etienne Boileau, les Orfèvres obtinrent, en outre, dans l'année 1330, du roi Philippe VI de Valois, une confirmation solennelle de leurs privilèges. Ce prince leur octroya, en signe de protection royale, les armoiries suivantes : de gueules, à la croix d'or dentelée, accompagnée, au premier et au quatrième quartier, d'une coupe d'or, au deuxième et au troisième, d'une couronne de même, au chef d'azur semé de fleurs de lys sans nombre, avec cette légende : *In sacra inque coronas*, « qui font entendre, dit Félibien, que l'orfèvrerie est particulièrement dévouée à la pompe du culte divin et à la magnificence des rois. » Les Orfèvres parisiens étaient les conservateurs des meubles précieux et des joyaux de la couronne. Ils avaient, déposé sous plusieurs clefs, le poinçon servant à marquer tous les ouvrages d'or et d'argent fabriqués dans la ville et dans toute l'étendue de la Prévôté de Paris ; avant de poinçonner, les gardes de l'orfèvrerie essayaient, à la coupelle et à l'eau forte, toutes les pièces qu'on leur présentait. Le corps des Orfèvres avait une grande réputation de richesse et de bienfaisance ; chaque année il donnait un repas somptueux, le jour de Pâques, aux pauvres de l'Hôtel-Dieu. Au commencement du XVe siècle, on jugea bon d'employer plus utilement les sommes affectées à ce banquet ; les Orfèvres acquirent diverses maisons dans la censive de Saint-Germain-l'Auxerrois, et ils construisirent un hôpital pour les pauvres, les veuves et les orphelins de la corporation. Une chapelle fut annexée à cet hôpital. Les bâtiments, fort dégradés, subsistent encore dans la petite rue dite des Orfèvres, au coin de celle de Jean-Lantier. Les Orfèvres, comme les peintres, ont pendant longtemps offert, le 1er mai de chaque année, un tableau à l'église Notre-Dame. La collection de ces *Mais*, qui a été transférée au Musée du Louvre, offre un vif intérêt pour l'histoire de l'art.

Chacun des Six-Corps était gouverné par quatre ou six gardes choisis avec soin dans le corps lui-même et restant en charge pendant deux ans : ils avaient pour mission de faire observer les statuts, de maintenir la discipline et de veiller à la conservation des privilèges du corps. Dans l'exercice de leurs fonctions et dans les cérémonies ordinaires, ils portaient la robe de drap noir à collet et à manches pendantes, parementée et bordée de velours de même couleur ; celle qu'ils portaient aux entrées royales était la même que la robe des juges-consuls, en velours, d'une couleur différente pour chaque corps. Les gardes des Six-Corps avaient encore un double privilège : celui de complimenter le roi, dans les grandes occasions, et celui de porter le dais sur la tête de Leurs Majestés, aux entrées solennelles, après les échevins. Etroitement unis entre eux, malgré certaines rivalités de métier et certaines disputes de préséances, les Six-Corps avaient pour armoiries collectives, un hercule s'efforçant de rompre un faisceau, avec ces mots pour âme ou devise : *Vincit concordia fratrum* (l'union fraternelle triomphe de tout).

Chaque corps possédait son bureau, ou chambre syndicale, tenait ses assemblées particulières, gardait ses titres et les registres de ses délibérations ; mais chaque fois que l'intérêt collectif l'exigeait ; des réunions générales avaient lieu et les trente-six gardes y assistaient. La convocation et la présidence appartenaient au « grand garde » de la Draperie, ou premier garde de ce corps qui occupait le premier rang. Les délibérations, prises à la majorité, étaient consignées sur le grand registre des Six-Corps et se conservaient dans les archives communes.

Pendant la seconde moitié du XVIIe siècle et dans le cours du XVIIIe, les Six-Corps continuèrent à jouir de leurs prérogatives réelles et honorifiques. Dans l'ordre des rangs et des préséances, ils avaient leur place marquée aux cérémonies et cortèges, étaient admis à complimenter le roi, la reine, les princes, princesses et personnages de marque passant à Paris. On les voit notamment être reçus au palais des Tuileries par le jeune Louis XV, à l'occasion de sa majorité, honneur dont ils perpétuèrent le souvenir en faisant frapper une médaille représentant le buste du roi, avec cette inscription au revers : LES SIX-CORPS DES MARCHANDS ONT COMPLIMENTÉ LE ROI SUR SA MAJORITÉ, ÉTANT PRÉSENTÉS PAR LE DUC DE GESVRES, GOUVERNEUR DE PARIS, LE 23 FÉVRIER 1723. Leurs privilèges réels consistaient dans le droit, qu'une antique tradition leur reconnaissait, de parvenir aux fonctions municipales dont ils avaient jadis le monopole. La Prévôté des marchands s'est longtemps recrutée dans les Six-Corps, et l'un des plus fameux chefs de la municipalité parisienne était orfèvre sur le Pont-au-Change : nous avons nommé Etienne Marcel. Lorsque les excès commis par le monde du commerce et des métiers eut amené les souverains soit à suspendre l'exercice de la Prévôté marchande, soit à la faire gérer par des officiers royaux, les Six-Corps furent refoulés dans les emplois inférieurs, et « les gens du roi » occupèrent le siége prévôtal, ainsi que l'Echevinage. Cependant les fonctions d'Echevin leur restèrent accessibles, surtout après la naturalisation, en France, de la justice consulaire importée d'Italie par les Médicis. A partir de 1581, les représentants les plus distingués et les plus influents des Six-Corps passent d'abord par la magistrature commerciale, puis ils entrent à l'Hôtel-de-Ville comme Echevins, concurremment avec les hommes de robe, et arrivent enfin dans le Conseil de ville où leur expérience a toujours été fort appréciée. Anoblis comme fonctionnaires municipaux, décorés de ce titre d'écuyer — *esquire* — resté en grand honneur chez nos voisins d'Outre-Manche, les Six-Corps constituaient la notabilité commerciale et bourgeoise qui s'est perpétuée jusqu'à nous, et qui forme encore la base

de l'élection à la Chambre et au Tribunal de commerce.

Turgot ne comprit pas qu'on ne saurait rayer d'un trait de plume une classe sociale de cette importance : en émancipant tout le monde du commerce et du travail, il supprima le corps électoral d'où sortait la magistrature consulaire, et compromit gravement la justice commerciale, en la faisant dépendre des masses ouvrières. Pareil fait se produirait de nos jours, si la suppression de la notabilité conférait le droit d'élection à tout patenté. Les plus grands intérêts se trouveraient remis en des mains inhabiles, et l'artisan le plus étranger au Code de commerce se verrait appelé à décider des plus graves questions. C'est de ce côté que vinrent, en 1776, les représentations les plus sérieuses : il ne parut pas possible au ministère qui succéda à celui de Turgot, de recruter les juges-consuls dans la multitude des ouvriers libres, et la reconstitution des Six-Corps sembla le seul moyen de sortir de l'impasse où la magistrature consulaire se trouvait placée par suite de l'édit de février. Celui d'août stipula expressément qne les Six nouveaux Corps recouvraient leur droit d'élection et d'éligibilité; il les composa, comme les quarante-quatre communautés, de groupes industriels plutôt que d'industries uniques, et modéra les droits fiscaux dont l'exagération avait donné lieu à tant de plaintes.

Le premier des Six nouveaux Corps était celui des *Drapiers-Merciers*. Il leur était loisible de tenir et vendre, en gros et en détail, toutes sortes de marchandises en concurrence avec les fabricants et artisans des Communautés et même des Six-Corps ; mais non de fabriquer et de mettre en œuvre aucune marchandise « même sous prétexte de les enjoliver. » Le droit de réception, qui était de 3,400 livres, pour les anciens drapiers, et de 1,700 livres pour les anciens merciers, était abaissé à 1,000 livres pour les deux corps réunis.

Le second corps nouvellement réorganisé était celui des *Epiciers*. Indépendamment des mille articles de leur commerce, ils pouvaient vendre les drogues simples sans manipulation, en concurrence avec les apothicaires, le vinaigre concurremment avec les vinaigriers, l'eau-de-vie et les liqueurs, même en détail, sans avoir rien à craindre des cabaretiers, taverniers et marchands de vin, à la condition toutefois de ne pouvoir donner à boire dans leurs boutiques et magasins. Il leur était encore loisible de vendre du café brûlé, en grain et en poudre, en concurrence avec les limonadiers, et de la graineterie de toute espèce concurremment avec les grainiers et grainetiers. Le droit de réception, qui était jadis de 1,700 livres, descendait à 800.

Les *Bonnetiers*, *Pelletiers* et *Chapeliers* formaient le troisième des nouveaux Six-Corps ; il n'est plus question des Changeurs. La profession de coupeur de poil leur était exclusivement réservée. Au lieu de 1,500, 1,100 et 1,000 livres que chaque corps payait autrefois, les trois réunis n'en versaient que 600 pour leur réception.

Le quatrième Corps, ou groupe de Corps, comprenait les *Orfèvres*, *Batteurs d'or* et *Tireurs d'or*. La mise en œuvre des pierres fines, en concurrence avec les *Lapidaires*, leur était permise. On ne réclamait d'eux pour droit de réception, que 800 livres, au lieu de 2,400 que payaient autrefois les seuls orfèvres.

Venaient ensuite les *Fabricants d'étoffes et de gazes*, et les *Tissutiers-Rubaniers*, auxquels il était loisible de peindre les gazes et les rubans concurremment avec les peintres. Ce Corps, qui faisait autrefois partie de la mercerie, s'en trouvait ainsi détaché. Le droit de réception était abaissé de 1,750 à 600 livres.

Les *Marchands de vin* fermaient la marche : par suite du groupement de quelques-uns des anciens corps, ils avaient pu entrer dans les nouveaux, tandis qu'ils étaient jusque-là seulement assimilés à ces corporations privilégiées : le droit de reception, fixé autrefois à 800 livres, tombait à 600.

Cette nouvelle création, dont nous avons indiqué plus haut la raison d'être, eut le sort des quarante-quatre communautés ouvrières réorganisées par le même édit ; elle fonctionna tant bien que mal jusqu'à la Révolution devant laquelle elle ne trouva pas grâce. La haine du privilège, réel ou apparent, et l'amour de l'égalité étaient alors et sont encore aujourd'hui un sentiment trop vif dans le cœur du peuple français, pour qu'on puisse espérer jamais d'en triompher.

Les Six-Corps, anciens et nouveaux, revivent en substance dans les six cents notables commerçants que Paris renferme et qui concourent à la nomination de la Chambre et du Tribunal de Commerce. Les attaques que les économistes du XVIII^e^ siècle ont dirigées contre cette aristocratie marchande, juste en droit et nécessaire en fait, se sont fréquemment renouvelées depuis ; mais le bon sens public en a fait justice. Plus l'importance des affaires industrielles et commerciales s'est accrue, plus il est logique d'en confier l'examen à des arbitres impartiaux et à des juges compétents. Or les garanties de compétence et d'impartialité sont dans les notables modernes, comme elles résidaient jadis dans les Six-Corps. C'est la conclusion à laquelle nous a conduit l'étude de cette intéressante question. — L. M. T.

Corps et métiers. C'est sous ce nom qu'on désigne assez fréquemment les communautés ouvrières et marchandes, dans lesquelles se concentraient, au moyen âge, le travail et le négoce. Les *Corps* étaient plus particulèrement les associations vouées au trafic et ayant le monopole des transactions commerciales ; les *Métiers*, ou arts mécaniques, se composaient d'artisans — maîtres ou valets — travaillant manuellement, et placés, par conséquent, à un degré plus bas dans l'échelle sociale. L'expression *Corps et Métiers* est donc une formule abrégée. Les deux articles ayant pour titre : *Corporations ouvrières* ou *Régime corporatif* et *Les Six-Corps* présentent séparément l'historique de ces deux ordres d'associations.

CORPS. Dans les arts et l'industrie. ce mot s'applique à la principale partie de certaines choses ; en *arch.*, à la grosse maçonnerie, sans la charpente ; à la partie d'une construction, considérée indépendamment des ailes. On nomme aussi *corps de logis* un bâtiment détaché d'un autre bâtiment ; en *hydraul.*, on appelle *corps de pompe*, le tuyau d'une pompe dans lequel joue le piston; en *armur.*, le *corps de platine* est la plaque sur laquelle sont fixées les diverses pièces qui forment avec elle la platine d'une arme à feu portative ; en *carross.*, la partie d'une voiture qui est suspendue; en *typogr.*, la dimension de la pièce fondue qui supporte l'œil de la lettre, et qui se mesure par points typographiques du côté du cran. || *T. techn. Corps mort.* Une ou plusieurs pièces de bois enterrées profondément ou fixées avec de la maçonnerie sur le rivage ou sur le fond d'une rade, pour l'amarrage des navires, ou encore très grosse ancre borgne reliée par une chaîne à un bateau ou à tout autre corps flottant. || *T. de grav.* Partie du burin aiguisée en losange, et considérée au point de vue de ses dimensions. || *T. de mécan.* Partie en forme de cylindre de la chaudière à vapeur des locomotives, qui renferme le faisceau cylindrique. Nous en avons parlé au mot CHAUDIÈRE et nous avons étudié les dispositions qu'il convenait d'adopter pour les corps cylindriques tant au point de

vue de la consommation du combustible qu'à celui de la résistance des matériaux. Nous n'y reviendrons pas ici. — V. CHAUDIÈRE.

Corps de lames. *T. de tiss.* On appelle corps, tantôt un simple groupe de lames ou *remisses* ayant un rôle spécial ; tantôt chaque *remisse partiel* qui, dans un remisse général, est consacré à l'évolution de certains fils de chaîne ayant avec d'autres fils un mode d'enchevêtrement particulier, et concourant, avec ces derniers, à produire l'ensemble qu'on nomme *contexture*.

Les fils, dont le remettage doit se faire sur un remisse partiel, peuvent être d'une provenance, d'une grosseur ou d'une couleur autres que celles des autres fils concomitants. Ils doivent constituer alors une chaîne partielle ou indépendante des autres chaînes montées sur le même métier. Le degré de tension de ces fils, contenus sur une ensouple dérouleuse qui leur est particulièrement affectée, est calculé d'après leur propre mode d'embuvage. Dans ce dernier cas, il faut un corps, une ensouple et un degré de tension exclusivement appliqués aux fils de chacune des chaînes qui concourent à l'effet général. On appelle *premier corps*, celui qui est placé à l'opposite de l'ouvrier, dans l'ordre des remisses partiels dont l'ensemble constitue le remisse général. Le remisse partiel des fils qui font figure sur l'endroit de l'étoffe, doit être le dernier, et conséquemment celui qu'on place le plus près de l'ouvrier. — V. CONTEXTURE, EMBUVAGE, REMETTAGE et REMISSE.

CORPS GRAS. *T. de chim.* Les corps gras sont des substances neutres, non azotées, de consistance variable, caractérisées par leur apparence spéciale et par la faculté qu'ils possèdent tous de ne pas disparaître lorsqu'on en imprègne une feuille de papier, tandis que les essences, par exemple, se volatilisent peu à peu. Les corps gras sont très disséminés dans la nature et il n'est guère d'organe animal ou végétal qui n'en renferme. C'est à Chevreul qu'on doit la connaissance de leur constitution chimique. Cet illustre savant montra, en 1813, que les matières grasses sont des mélanges en proportions variables de divers principes immédiats parmi lesquels les principaux sont la *stéarine*, la *margarine* et l'*oléine*. Ces divers principes contiennent tous un élément commun, la *glycérine*, combinée suivant le cas, soit à l'*acide stéarique*, soit à l'*acide margarique*, soit à l'*acide oléique*. En résumé, les chimistes regardent les corps gras comme de véritables *éthers*, qu'on peut assimiler, dans une certaine mesure, à des *sels* dont la *base* commune est la glycérine et l'acide un des *acides gras* que nous avons énumérés plus haut.

Parmi les acides gras, étudiés par Chevreul, deux sont solides et occupent une place assez élevée dans la série d'acides organiques désignée, pour cette raison, sous le nom de série grasse ; voici la formule atomique et le point de fusion de ces acides gras : acide margarique $C^{17}H^{34}O^2$, fond à 59°,9 ; acide stéarique $C^{18}H^{36}O^2$, fond à 69°,2. Les corps gras qui résultent de la combinaison de la glycérine et de ces acides gras, la *margarine* et la *stéarine* sont solides à la température ordinaire et c'est à eux que les *beurres* et les *graisses* doivent leur consistance.

L'*acide oléique* appartient à une série différente de la série grasse ; sa formule ($C^{18}H^{34}O^2$) le rapproche beaucoup de l'acide stéarique, mais il en diffère par son point de fusion très bas (14°), c'est-à-dire qu'il est liquide à la température ordinaire. La combinaison glycérique de cet acide est l'*oléine*, liquide qu'on rencontre dans presque tous les corps gras, mais surtout dans les *huiles* où il domine.

Depuis les travaux de Chevreul, Heintz, en 1850, montra que l'acide margarique n'existait pas dans les matières grasses et que le corps auquel Chevreul avait donné ce nom était un mélange d'acide palmitique $C^{16}H^{32}O^2$ fondant à 62° et d'acide stéarique. Cette erreur de Chevreul s'explique par les difficultés d'investigation qui existaient à l'époque où il publia ses travaux et elle n'amoindrit en rien l'importance de ses belles découvertes.

Propriétés générales des corps gras. Les corps gras purs sont dénués d'odeur et de saveur ; mais, généralement, les impuretés qu'on rencontre dans les produits commerciaux leur communiquent un goût et un parfum spéciaux ; ainsi, l'huile d'olive et l'huile de colza, quoique assez voisines comme constitution chimique, se distinguent nettement par leurs propriétés organoleptiques.

Certaines matières grasses contiennent, à côté des corps que nous avons étudiés jusqu'ici, des corps semblables qui sont des combinaisons de glycérine et d'acides se rapprochant des acides gras ; ainsi, le *beurre de vache* doit son goût agréable à la présence de la *butyrine*, de la *caproïne* et de la *caprine* ; les *huiles de poisson* ont une odeur repoussante, grâce à la présence de la *phocénine*.

Les corps gras conduisent l'*électricité* avec plus ou moins de rapidité ; ainsi, l'huile d'olive conduit l'électricité 677 fois moins vite que les autres huiles et c'est sur cette résistance relative au passage du courant qu'est fondé le principe du *diagomètre Rousseau*.

Densité. Tous les corps gras ont une densité inférieure à celle de l'eau et les différences qui existent entre eux, sous ce rapport, sont utilisées pour les distinguer : la densité donne surtout des indications précieuses dans le cas des huiles.

Le tableau ci-dessous donne la densité des divers corps gras à la température de 15° centigrades :

Huile de cachalot	0.884
— de suif, dite oléine	0.900
— de colza d'hiver	0.9147
— de pieds de bœuf	0.916
— de colza d'été	0.9167
— d'olive	0.917
— d'amandes douces	0.918
— de baleine	0.924
— d'œillette	0.925
— de foie de morue	0.926
— de caméline	0.928
— de lin	0.935
Graisse de porc	0.938
Huile de ricin	0.970

La densité des corps gras diminue très rapidement avec l'élévation de la température, ainsi qu'on peut le voir par l'examen des chiffres suivants :

Tableau des densités.

	12°	26°	94°
Huile d'olive	0.919	0.911	0.862
— d'amandes	0.920	»	0.863
— de lin	0.939	0.930	0.881
— de ricin	0.970	0.957	0.908

Points de fusion et de congélation. La fusibilité plus ou moins grande des corps gras permet de les partager en trois classes : *huiles, beurres et graisses.* Cette classification n'a rien d'absolu, naturellement, car tel beurre, celui de Palme, par exemple, qui est consistant sous nos climats, est liquide dans le pays de production. La fermeté des corps gras est, en général, proportionnelle à la quantité d'éléments solides qu'ils renferment ainsi que l'indique le tableau qui suit :

Corps gras	Stéarine et palmitine 0/0	Oléine 0/0
Suif de mouton	80	20
Moelle de bœuf	76	24
Suif de bœuf	70	30
Graisse de porc	38	62
— d'oie	32	68
— de canard	28	72
— de dindon	26	74

La détermination du point de fusion des matières grasses présente une grande difficulté, en raison de leur nature complexe ; celle du point de solidification est plus pratique, car au moment où le corps gras passe de l'état liquide à l'état solide, il dégage une quantité de chaleur assez grande pour maintenir quelque temps la température uniforme et même il arrive que la température remonte de quelques degrés au moment de la solidification.

Tableau des points de fusion de quelques corps gras solides.

Graisse d'homme	15 à 25°	Beurre de palme réc.	27°
Beurre de coco	20°	— de palme ancien.	32°
— de galam	21 à 22°	— de laurier	30°
Graisse de porc	26 à 31°	Suif de Pincy	35°
— d'oie	28°	— de bœuf	38°
Beurre d'Iblipé	26 à 28°	— de mouton	46°

Tableau des points de congélation de diverses huiles.

Huile de cachalot	+ 8°	Huile de colza	— 6°25
— d'olive	+ 6°	— d'amandes douces	— 10°
— de baleine	+ 1 à 2°	Huile de ricin	— 16°
— de pieds de bœuf	0°	— de lin, de chènevis	— 27°5
— d'arachide	— 3°		

Action de la chaleur. Lorsqu'on chauffe les corps gras, ils dégagent des vapeurs désagréables d'autant plus intenses qu'on élève davantage la température, puis il arrive un moment où ils entrent en ébullition et se décomposent peu à peu. Ce point d'ébullition est relativement haut dans le cas des huiles animales, comme celle de pieds de bœuf ; c'est pour cette raison qu'on les recherche dans les laboratoires lorsqu'on veut maintenir fixe une température assez élevée. Au moment où l'huile bout, il distille, outre les produits gazeux formés surtout de bicarbure d'hydrogène et d'oxyde de carbone, une matière huileuse que Bussy et Lecanu ont reconnu formée d'un mélange de deux acides gras, l'acide oléique et l'acide margarique unis à un troisième corps, l'*acide sébacique.* Lorsqu'on accélère le chauffage du corps gras, l'*acroléine* apparaît avec l'odeur piquante et éminemment désagréable que tout le monde connaît. Ce produit résulte de la déshydratation de la glycérine, comme l'indique l'équation ci-dessous :

$$\underset{\text{Glycérine}}{C^3H^8O^3} = \underset{\text{Acroléine}}{C^3H^4O} + \underset{\text{Eau}}{2H^2O} \text{ (at.)}$$

Si, au lieu de chauffer progressivement le corps gras, on le soumet immédiatement à une température élevée, il se forme, en abondance, un gaz très riche en carbures d'hydrogène qu'on a utilisés pour l'éclairage, en Angleterre, pendant assez longtemps.

L'emploi de la bougie, de la chandelle et des huiles pour l'éclairage repose sur les phénomènes de décomposition que nous venons d'étudier ; la décomposition est alors réalisée sous l'influence de la température élevée de la flamme.

Action des dissolvants. Les corps gras sont insolubles dans l'eau, mais très solubles dans l'éther, le sulfure de carbone, le chloroforme, les carbures extraits de la houille et du pétrole et les huiles essentielles. L'alcool concentré, à de rares exceptions près, agit peu sur les corps gras à froid ; à l'ébullition ce dissolvant peut dissoudre complètement les corps gras, s'il est en proportion un peu forte.

Action de l'air. Les huiles et les graisses se conservent longtemps sans altération hors du contact de l'air ; mais soumises à l'action de cet agent elles ne tardent pas à acquérir une saveur âcre, une odeur désagréable et la propriété de rougir le tournesol ; en un mot, elles *rancissent.*

Cette altération provient de la présence des matières étrangères, car les corps gras purs, stéarine, oléine sont inaltérables à l'air ; elle se produit rapidement dans certains cas ; ainsi l'huile de noix rancit très vite, tandis que l'huile d'olives résiste assez longtemps. La *rancidité* des corps gras est due à l'absorption de l'oxygène de l'air ; une partie de ce gaz est transformée en acide carbonique qui se dégage, tandis qu'une autre portion est fixée sur le corps gras et détermine la séparation d'acides qui communiquent à la matière son odeur et la propriété de rougir le tournesol. L'action de l'air est favorisée, d'après M. Cloez, par l'élévation de la température, l'exposition à une vive lumière et enfin par une grande surface de contact ; cette dernière condition a une grande importance et on observe souvent que l'oxydation de l'huile qui imprégnait des chiffons gras déve-

loppe une température assez élevée pour provoquer l'inflammation de ces chiffons ; des incendies considérables n'ont pas eu d'autre cause. M. Cloez a reconnu l'absence de la glycérine dans les corps gras très rances ; ce serait à elle, dès lors, qu'il faudrait attribuer la production de l'acide carbonique qui se dégage des corps gras exposés à l'air, production qui est quelquefois assez forte pour rendre irrespirable les lieux où de grandes quantités d'huiles ou de graisses sont emmagasinées.

Ces phénomènes d'oxydation sont très probablement le résultat d'une fermentation, car ils sont favorisés par toutes les causes où les fermentations se développent ; de plus, on sait que les corps antifermentescibles comme le sel marin, l'acide salicylique, etc., aident à la conservation des corps gras.

C'est à une véritable oxydation qu'on doit attribuer également la faculté qu'ont certaines huiles, dites *siccatives*, de se résinifier lorsqu'on les expose à l'air. L'*huile de lin* possède, à un haut degré, cette propriété et c'est pour cela qu'on l'emploie en si grande quantité pour la préparation des vernis et de la peinture.

Action de l'eau. L'eau n'agit pas à froid sur les corps gras, mais, vers 240-250°, elle les scinde en leurs composants, glycérine et acides gras. Si cette réaction est réalisée en faisant passer de la vapeur d'eau surchauffée à travers un corps gras, les produits de décomposition distillent et il est facile de séparer l'acide gras de la solution aqueuse de glycérine qui surnage. Cette méthode d'extraction des acides gras indiquée, dès 1825, par Chevreul et Gay-Lussac, n'a été mise en pratique qu'en 1854 par MM. Wilson et Paine.

Action des alcalis. La décomposition que nous venons de voir opérer par l'eau à haute température est facile à réaliser, même à froid, si on additionne ce liquide d'une base telle que la *soude* ; le corps gras est alors *saponifié* et on obtient, d'une part, de la *glycérine* et, d'autre part, un *savon* qui résulte de la combinaison des acides gras et de l'alcali. C'est sur cette réaction qu'est basée l'industrie de la *savonnerie*. Si, au lieu de prendre une base soluble, on prend de la chaux, de la baryte ou de l'oxyde de plomb, on formera un savon insoluble nageant au sein de la liqueur glycérine. Si on égoutte ce savon, puis le traite par un acide, on lui enlève la base qu'il renferme et met en liberté les *acides gras*. L'industrie stéarique a mis ce procédé en pratique, lors de son origine ; actuellement, le principe de la fabrication des bougies est encore le même mais considérablement perfectionné ; en effet, tandis qu'au début on *saponifiait* les graisses avec 14 ou 15 0/0 de chaux, on n'en emploie plus aujourd'hui que 2 1/2 0/0 du poids du corps gras, mais au lieu de chauffer à 100° on opère maintenant sous une pression de 8 à 9 atmosphères. On utilise, dans ces conditions, l'action simultanée de l'alcali et de l'eau à haute température et au lieu d'avoir une grande masse de savon calcaire à décomposer par un acide on n'en a plus qu'une petite quantité.

Action des acides. L'action des acides sur les corps gras a une certaine analogie avec celle des alcalis ; seulement, tandis que les alcalis s'allient aux acides gras et déplacent la glycérine, les acides, au contraire, s'ils sont suffisamment concentrés et chauds, s'unissent à la glycérine et mettent les acides gras en liberté. On a basé, sur cette réaction, un procédé industriel de traitement des corps gras qui n'est plus guère suivi aujourd'hui en raison du prix élevé de la glycérine qu'on détruit complètement par ce procédé. L'acide employé est l'*acide sulfurique* qu'on met dans la proportion de 4 0/0 du poids du corps gras ; on le chauffe à 100° et le fait couler doucement dans la matière maintenue à la température de 115 à 120°. Après dix minutes d'agitation, on fait bouillir le mélange avec de l'eau pendant deux heures : les acides gras viennent surnager ; ils sont noirs et doivent être distillés avant d'être pressés pour en retirer l'acide stéarique.

Si au lieu d'employer l'acide sulfurique, comme nous venons de le dire, on fait agir à froid ce réactif, en proportion assez forte, sur les corps gras on obtient des résultats différant avec la nature du corps gras ; ainsi, le beurre, traité par son poids d'acide sulfurique froid, prend une coloration jaune d'or, le suif de bœuf se teinte en brun clair, mais dans ces deux cas il n'y a pas décomposition. Si l'on vient à opérer avec une huile végétale on provoque, au contraire, une réaction très vive, la masse noircit, mousse et dégage de l'acide sulfureux, la température s'élève considérablement, au point que dans le cas de l'huile de lin elle peut dépasser 100°.

Extraction des corps gras. Nous dirons peu de chose à ce sujet, car le mode d'extraction diffère, pour ainsi dire, suivant le corps gras qu'on veut préparer. Cependant il est trois opérations communes à presque tous les procédés, le broyage, le chauffage et la pression ; cette similitude s'explique par la ressemblance qu'a fait observer M. Boek, de Copenhague, entre les cellules animales et les cellules végétales qui contiennent les corps gras ; en effet, les premières, composées de fibrine, d'albumine, de gélatine et de tissu cellulaire, comme les secondes, formées de cellulose, de mucilage et d'albumine, ont besoin d'être déchirées, ramollies et exprimées pour qu'on puisse en extraire les globules gras qu'elles renferment.

Usages des corps gras. Les corps gras nous rendent de grands services. Leur constitution chimique nous a montré qu'ils ne sont pas azotés mais qu'ils sont riches en carbone ; ils constituent, pour cette raison, des aliments *respiratoires* précieux, c'est-à-dire que sous l'influence de l'oxygène du sang ils sont brûlés, transformés en eau et acide carbonique et l'élévation de température qui résulte de cette combustion concourt à entretenir la chaleur animale. L'homme utilise de grandes quantités de corps gras pour l'éclairage de sa demeure, sous forme de lampes, de chandelles et de bougies. La savonnerie transforme beaucoup de corps gras ; la fabrication des vernis, des couleurs à l'huile, des encres grasses en absorbent une grande quantité ; enfin, la médecine tire parti des propriétés médicamenteuses qu'ont

certaines huiles et emploie les corps gras ordinaires pour la préparation des onguents, des pommades, des emplâtres, etc., etc. — ALB. R.

CORRECTEUR. *T. de mét.* Celui qui est chargé, dans une imprimerie, de la lecture des épreuves et de marquer à la marge, au moyen de signes conventionnels, les fautes que le compositeur a faites dans l'assemblage des caractères. Il y a le *correcteur en première*, le *correcteur en seconde*, et le *réviseur de tierce*.

Les fonctions de correcteur sont les plus délicates et les plus difficiles de l'art typographique. Elles exigent des connaissances aussi variées qu'étendues, une grande habileté professionnelle et cette sûreté de coup d'œil qu'on nomme l'*œil typographique*, qualité qui permet, sans détourner l'esprit de sa préoccupation principale, de saisir la moindre faute de composition. Le correcteur en première ne change rien au manuscrit avec lequel il confronte les épreuves, car alors le compositeur qui doit exécuter à ses frais les corrections typographiques peut se refuser à les faire, mais le correcteur en seconde peut, dans une certaine mesure et avec l'assentiment de l'auteur, apporter quelques légères modifications au texte primitif.

Mais si la mission du correcteur consiste à connaître et à faire respecter les règles de la langue, il n'est pas d'imprimerie où cette mission soit bien remplie. Nous sommes loin du temps où les imprimeurs exposaient publiquement leurs épreuves, en promettant une récompense à celui qui y découvrirait une faute ! Il faut aujourd'hui concevoir, écrire, composer, corriger, imprimer et brocher, en moins de temps qu'il en fallait jadis pour songer à l'une de ces opérations. Aussi combien de fautes ne relève-t-on pas dans les éditions actuelles, même dans les éditions de bibliophiles ! Notre *Dictionnaire* n'échappe point à la loi commune, et malgré nos soins attentifs, nous constatons, hélas ! plus d'un *lapsus calami* que le lecteur voudra bien nous pardonner.

Les conditions de l'imprimerie moderne rendent difficile, pour ne pas dire impossible, l'exécution d'une correction parfaite et comment pourrait-il en être autrement ? Le correcteur doit tout lire, tout voir, tout comprendre, passer d'une thèse de droit à un roman banal, d'un livre de science abstraite à un cahier de chansons vulgaires, d'un article d'encyclopédie à une circulaire de marchand ! et alors ce pauvre correcteur, surmené et presque toujours indifférent, lit *typographiquement* — ou mieux machinalement — sans souci des non-sens, des fautes grammaticales et de la ponctuation.

CORRECTION. *T. d'imp.* Opération qui consiste à indiquer en marge des épreuves en placards ou en feuilles d'une composition imprimée, les fautes commises par le compositeur ou par l'auteur lui-même.

***CORRESPONDANCE ÉLECTRIQUE** (Appareils de). On désigne sous ce nom des appareils utilisés, sur les réseaux du Nord, de Paris-Lyon-Méditerranée et de l'Est, pour transmettre, à distance, un certain nombre d'indications optiques et acoustiques. Ces appareils portent plusieurs phrases, préparées à l'avance, et que des agents, d'un ordre secondaire, peuvent échanger en pressant sur un bouton, avec beaucoup moins de complication et plus de rapidité que s'ils avaient recours au télégraphe ordinaire. Les appareils de correspondance électrique appartiennent à trois types actuellement en usage, les appareils à guichets et l'appareil Guggemos, en service sur les réseaux du Nord et de l'Est, l'avertisseur Jousselin dont on fait usage sur le réseau de Paris-Lyon-Méditerranée.

L'*appareil à guichets*, combiné par le service télégraphique de la compagnie du Nord, sous la direction de M. Eugène Sartiaux, se compose d'un cadre ayant extérieurement la disposition indiquée à la figure 507 et portant autant de boutons d'appel A qu'il y a de phrases de correspondance à échanger. Au-dessus de chacun de ces boutons se trouvent une plaque P et un guichet circulaire C ; au poste qui reçoit les demandes, la plaque porte la

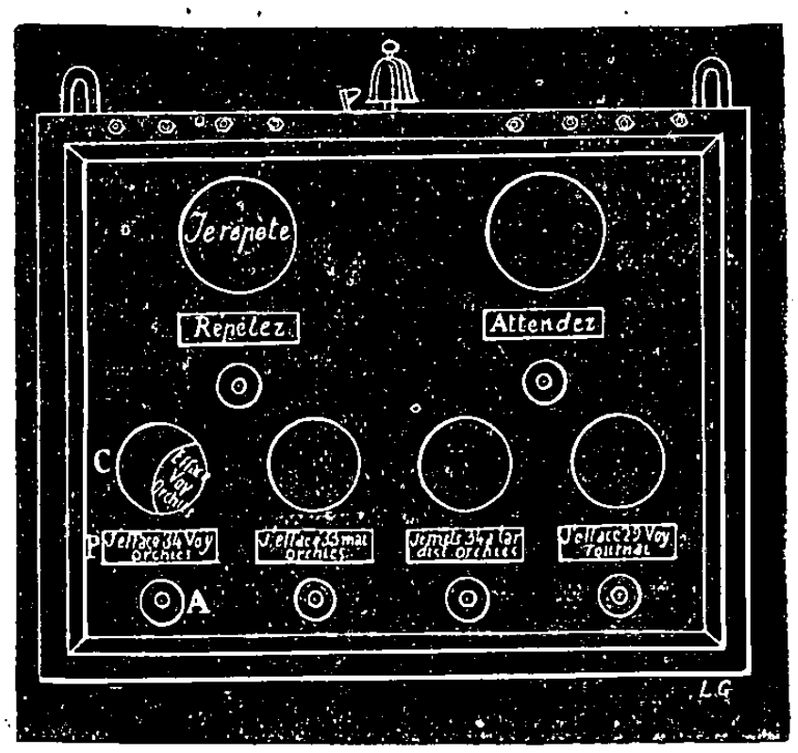


Fig. 507. — *Appareil à guichets.*

réponse que l'on donne en appuyant sur le bouton et la demande est inscrite sur un voyant qui vient apparaître devant ce guichet, quand le poste correspondant appuie sur le bouton symétrique de son appareil pour faire cette demande. En même temps, un timbre placé à la partie supérieure du cadre se met à tinter.

L'oscillation du voyant qui apparaît ou disparaît devant le guichet se produit devant deux bobines d'électro-aimant, et l'appareil exige, par conséquent, autant de fils conducteurs qu'il y a de phrases, ou de guichets.

L'*appareil Guggemos*, qui n'exige qu'un seul fil conducteur et qui permet d'échanger 12 phrases, est une modification, appropriée à la circonstance, de l'ancien appareil d'Arlincourt. Il a extérieurement la forme d'un cadran (fig. 508), dont l'aiguille peut s'arrêter devant les 12 cases d'une double couronne de guichets, portant les indications qu'il s'agit de transmettre ou de recevoir. Lorsqu'on appuie sur l'un des boutons, situés entre les deux séries de guichets, l'aiguille vient s'arrêter, dans les deux appareils, manipulateur et récepteur, vis-à-vis les cases correspondant au bouton sur lequel on a appuyé. L'accusé

de réception ou la réponse se fait en appuyant sur le même bouton du récepteur et l'aiguille fait un tour de cadran pour revenir au même point. Enfin, l'agent qui a entamé la correspondance, appuie sur le bouton de la croix, pour ramener les aiguilles des deux appareils à leur position initiale. Toute cette manœuvre demande à peine quelques secondes. Le tintement d'une sonnerie complète, au point de vue de l'acoustique, les indications de l'appareil.

Dans l'*avertisseur Jousselin* qui fonctionne également au moyen d'un seul fil, le manipulateur et

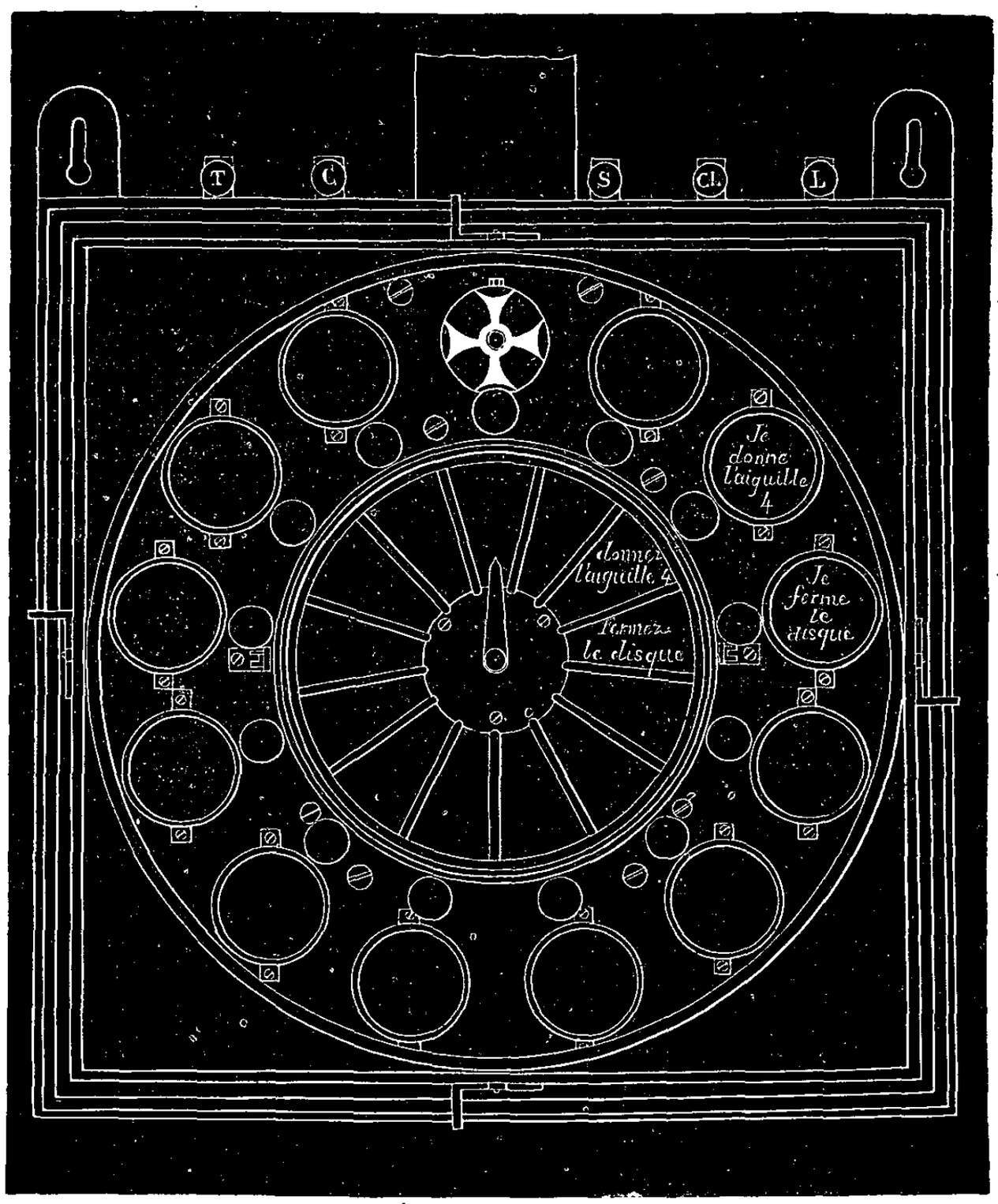


Fig. 508. — *Appareil Guggemos.*

le récepteur ne sont pas du même modèle. Le manipulateur se compose d'une manette qui lance un courant électrique chaque fois qu'on appuie sur sa poignée ; chaque émission de courant fait avancer l'aiguille du récepteur sur un cadran circulaire qui porte, à sa circonférence, des numéros et des cases contenant les phrases qu'il s'agit de transmettre.

Pour contrôler les indications que l'on échange de cette manière, la manette du manipulateur déclenche, à chaque coup, un cadran mobile, dont les numéros viennent successivement apparaître devant un guichet fixe, en concordance avec les mouvements de l'aiguille, au poste correspondant.

Ce dernier système est d'une marche assez lente et il nécessite deux paires d'appareils, si l'on veut obtenir l'accusé de réception des signaux transmis. Enfin, il faut manœuvrer le commutateur 12 fois de suite, par exemple, si la phrase à transmettre occupe le 12e rang.

* **CORRIGEUR.** *T. de mét.* Ouvrier qui, dans une imprimerie, fait partie de la conscience et exécute les corrections sur les épreuves.

CORROI. *T. techn.* Lit de béton ou de terre glaise battue dont on revêt les fonds et les côtés des réservoirs, fontaines, pièces d'eau, etc., pour les rendre étanches ; on se sert également du corroi pour entourer les cuves à distillation du gaz et les tuyaux de conduite afin d'éviter les fuites ou les infiltrations. || Façon que l'on donne aux cuirs. || Etendoir sur lequel on étend les tissus.

CORROIERIE ou **CORROYERIE.** Art, profession du corroyeur. — V. CORROYAGE.

* **CORROMPRE.** En *techn.*, c'est rompre en pliant ; chez les *corroyeurs*, opération qui a pour but de don-

ner au cuir de la souplesse. On double la peau fleur contre fleur, et on l'étend sur une table, l'ouvrier avance la marguerite sur la chair, et il la retire fortement en ramenant le quartier du cuir, qui frotte inégalement sur le milieu. Cette opération est répétée sur les trois autres quartiers. En *métall. corrompre le fer*, c'est le corroyer.

CORROSION. Altération produite par l'action de certaines substances sur les métaux. Chacun sait que le fer abandonné à l'air libre, dans une atmosphère humide, se recouvre en peu de temps d'une couche mince, rougeâtre, qui n'est autre chose que le résultat de la combinaison de l'oxygène de l'air avec le métal. Le cuivre, placé dans les mêmes conditions, revêt une couleur verdâtre due à la même combinaison.

C'est ainsi que débute la corrosion; si l'on ne prend pas la précaution de garantir le métal du contact de l'air, les effets corrosifs s'étendent de proche en proche et la résistance de l'objet peut être compromise.

L'air n'est pas l'agent unique de la corrosion; si l'on met en contact un acide et un métal, celui-ci sera promptement attaqué. Cette propriété est depuis longtemps utilisée dans le procédé de gravure dit *à l'eau forte*.

Le voisinage de deux métaux différents plongés dans l'eau, ou même simplement placés dans une atmosphère humide, détermine la formation d'un couple électrique, dont le résultat est l'usure plus ou moins rapide de l'un des métaux. C'est à cette cause que sont dues les profondes piqûres, ou mieux les morsures, qui se produisent sur les carènes en fer dans le voisinage d'une hélice en bronze; sur les ailes d'une hélice en fonte lorsque le navire est doublé en cuivre; sur des plaques de cuirasse non isolées du doublage en cuivre; sur les œuvres vives d'un navire en fer, lorsqu'il est mouillé ou amarré près d'un bâtiment doublé en cuivre; l'usure des boulons en fer dans des brides en bronze, etc.

Les différents sels en suspension dans l'eau de mer et dans certaines eaux douces exercent une action de même nature sur le fer. Pour mettre le métal à l'abri de ces diverses influences, il est nécessaire qu'il soit isolé, qu'il soit revêtu d'une couche de peinture protectrice.

Toutes les constructions métalliques, charpentes, grues, etc., doivent être surveillées, afin de pouvoir renouveler la peinture, si celle-ci a été éraillée par places ou endommagée par une cause quelconque.

Corrosion des chaudières. Parmi tous les sujets qui se rattachent à l'étude de la corrosion, l'un des plus importants est celui de la conservation des chaudières à vapeur. Depuis l'adoption presque universelle des condenseurs à surface, l'usure des appareils évaporatoires est devenue tellement rapide et les effets de la corrosion sont tellement bizarres, que l'amirauté anglaise a jugé urgent de nommer une commission, qui a été instituée en 1876, pour en rechercher les causes et étudier les remèdes propres à l'enrayer. Bien que sept années se soient écoulées depuis lors, les résultats acquis ne sont guère probants et il règne toujours beaucoup d'incertitude sur les causes réelles de cette action désorganisatrice. Les enquêtes faites en France et en Amérique, sur le même sujet, n'ont guère fait progresser cette question si importante, non seulement au point de vue de la durée des chaudières, mais encore à celui de la sécurité qu'elles doivent offrir.

Passons en revue les diverses théories énoncées pour expliquer les faits observés.

La corrosion des chaudières peut avoir lieu intérieurement et extérieurement. Pour les effets extérieurs, pas de doute, les causes en sont nettement connues: l'humidité naturelle ou accidentelle, occasionnée par des fuites provenant des joints, des rivures, des égouts d'eau; l'usage de charbon pyriteux dont l'acide sulfureux se transforme en sulfate de fer au détriment de la surface de chauffe qui se corrode. Ici le remède est tout indiqué: proscrire l'usage de tels charbons, boucher toutes les fuites, supprimer les égouts et tenir la peinture de l'extérieur en bon état.

L'humidité, dans une chaudière au repos, est également une cause très active de la corrosion intérieure, aussi doit-on employer les moyens propres à la faire disparaître, lorsque les chaudières doivent rester inactives pendant un certain temps, ou lors de leur conservation en magasin. On y parvient assez aisément, soit en transformant l'air intérieur en acide carbonique, par la combustion d'un nombre de kilogrammes de bois suffisant pour porter la température intérieure à 70 ou 80° et fermant ensuite hermétiquement toutes les ouvertures de la chaudière; soit en chauffant un peu moins l'air intérieur et en opérant les fermetures comme ci-dessus, après avoir déposé à divers étages des auges en bois pleines de chaux vive, substance très avide d'eau et dont l'effet est de réduire l'état hygrométrique de l'air intérieur.

L'usure intérieure, pendant que les chaudières sont en activité, est parfois assez grande pour que des générateurs alimentés avec de l'eau provenant des condenseurs à surface aient été complètement mises hors de service, dans la période relativement très courte, d'un an, deux ans, trois ans.

Pour expliquer ces effets, on a d'abord pensé qu'il devait se créer à l'intérieur un nombre presque infini de couples galvaniques, formés par les parcelles de cuivre entraînées mécaniquement par l'eau d'alimentation dans la chaudière, et provenant soit des tubes des condenseurs, du revêtement de la pompe à air ou du tuyautage. Les adversaires de cette théorie prétendent: qu'elle n'est pas suffisante pour se rendre compte de tous les effets de la corrosion; que la densité du cuivre étant considérablement plus grande que celle de l'eau, ces parcelles doivent tendre à se déposer sur les fonds de la chaudière et, conséquemment, que ces derniers devraient être plus corrodés que partout ailleurs; que la corrosion s'exerce surtout sur les tubes, lorsque ceux-ci sont en fer, et aussi dans le voisinage de la ligne d'eau; qu'enfin, si cet effet avait lieu, il déterminerait une diminution

notable de l'épaisseur des tubes des condenseurs, diminution qui n'a jamais été bien constatée.

Plus tard, on a supposé que les huiles ou les graisses employées pour lubrifier les cylindres et les tiroirs, dégageaient certains acides lorsqu'elles étaient portées à la température de la chaudière, après y avoir été introduites par l'eau d'alimentation. C'est pour obvier à ceci que l'on a fait usage de bi-carbonate de soude, ou de lait de chaux, à l'intérieur des bâches alimentaires ou même dans les condenseurs, pour saponifier les huiles ou les graisses et leur enlever leurs principes acides. La pratique de cette mesure n'a pas répondu aux espérances que l'on avait conçues; la corrosion n'était guère moins active, de plus, les dépôts ordinaires dans les chaudières étaient augmentés de toute la quantité de chaux introduite dans la bâche et dans les condenseurs.

La théorie suivante a été émise ensuite; on suppose que l'eau peut se décomposer à l'intérieur des chaudières et que son hydrogène, en se combinant avec les chlorures de l'eau de mer, peut donner naissance à l'acide chlorhydrique. Si tel était le cas, l'eau deviendrait fortement acidulée, et si elle l'était assez pour attaquer le métal, elle exercerait une action dissolvante sur du zinc qu'on y placerait. Des analyses de dépôts prouvent qu'il n'en est pas ainsi; en outre, l'eau des chaudières a une réaction alcaline dans presque tous les cas. Enfin des expériences précises ont prouvé que le fer chauffé avec de l'eau seule, jusqu'à 180° centigrades ne donne aucune trace d'hydrogène.

On a encore prétendu que le fer pouvait être attaqué par l'eau distillée; on a remarqué que la densité de l'eau des chaudières provenant des condenseurs à surface augmentait assez rapidement et que cet accroissement de densité n'était pas uniquement dû aux sels de l'eau de mer, puisque l'eau des chaudières avait plutôt un goût nauséabond et fade qu'alcalin. Des faits directs semblent venir à l'appui de cette supposition.

Enfin, en 1882, M. Norris, ingénieur anglais, attribue tous les méfaits imputables à la corrosion intérieure, à la présence d'un excès d'oxygène libre dans l'eau. Il énumère les diverses théories que nous venons d'esquisser et conclut à leur rejet, puis il entre dans une longue dissertation, sur la puissance d'absorption de l'eau pour différents gaz, oxygène, hydrogène, azote, acide carbonique. Les coefficients d'absorption croissant avec la température, il est rationnel d'attribuer la corrosion, à l'agent désorganisateur par excellence, l'oxygène. (*Engineering*, juin 1882.)

D'où peut cependant provenir cet excès d'oxygène? Jusqu'ici, on avait supposé que l'un des inconvénients de l'alimentation par l'eau des condenseurs à surface, gît en ce que cette eau est à la longue presque complètement dépourvue d'air et que, par suite, elle peut se comporter comme l'eau dite *désoxygénée*, dont le point d'ébullition est beaucoup plus retardé que celui de l'eau à l'état ordinaire. Certaines personnes se sont même appuyées sur ce fait, pour essayer d'expliquer les phénomènes qu'ont présentés diverses explosions de chaudières.

Quoiqu'il en soit des causes de la corrosion, il est extrêmement difficile de parer à ses effets, attendu que l'on ne connaît pas encore de substance propre à être appliquée, en couche assez mince, pour ne pas s'opposer à la propagation de la chaleur, demeurer insoluble dans l'eau à haute température et enfin ne pas s'écailler sous l'influence des dilatations et des contractions que la chaudière subit.

Bien des méthodes ont été essayées et préconisées, par les inventeurs, pour mettre un terme aux incrustations, jusqu'ici aucune d'elles n'a véritablement fait ses preuves; nous n'en donnerons pas la liste, elle serait trop longne.

Depuis longtemps les praticiens ont remarqué que partout où il y a adhérence d'un sel sur le métal, ce dernier est protégé contre la corrosion et qu'au contraire lorsque le sel n'adhère pas, lorsqu'il est soulevé en forme d'ampoule, il se produit à l'intérieur un foyer d'oxydation.

Cette observation peut être mise à profit. Lors de la *première* mise en feu d'une chaudière, on devrait faire le plein avec une eau chargée de sels de chaux (ces derniers sont plus insolubles dans l'eau douce ou dans l'eau saumâtre que les sels marins), de manière à tapisser tout l'intérieur d'une mince pellicule de ces sels.

L'usage de l'huile minérale, substituée réglementairement aux huiles végétales, pour le graissage des organes intérieurs des machines à condensation par surfaces, depuis 1881 seulement dans la marine française et longtemps avant dans les marines anglaise et américaine, ne paraît pas avoir amené une bien grande amélioration.

Le zinc déposé en plaques à divers étages des chaudières, n'est pas non plus complètement efficace. Certaines plaques s'usent très différemment dans deux chaudières voisines, sans que l'on sache trop pourquoi, ni comment.

D'autres eaux tracent des sillons plus ou moins rapprochés, ainsi qu'on l'a plusieurs fois remarqué sur les façades et les foyers des chaudières de locomotives. On peut, en consultant les *Annales de génie civil* de 1867, p. 529, prendre connaissance de faits énoncés par MM. Farcot, relativement à un jeu de chaudières fournies à la Société linière de Saint-Remy; il a suffi de changer l'eau d'alimentation, pour qu'aucun des anciens accidents que l'on éprouvait précédemment ne se reproduisît plus. La première eau contenait des sels gras calcaires, en la vaporisant on trouvait pour résidu une poudre boueuse, d'un gris clair argileux, qui, à l'état humide, était onctueuse au toucher, et à l'état sec, ne se laissait mouiller ni par l'eau froide, ni par l'eau chaude et ne se mélangeait pas avec le liquide, mais venait nager à la surface.

Un fait de même nature s'est produit dans une forge de la Haute-Silésie. Neuf chaudières accusaient des traces de surchauffage, bien que l'on fût certain que l'eau n'eut jamais manqué à l'intérieur. La couche de savon calcaire paraît jouir de la propriété d'empêcher l'eau de mouiller le métal sur lequel elle s'est déposée.

Pour ces différents faits, les condenseurs à surface ne sont pas en cause.

En résumé, nous pensons que, dans l'état actuel de nos connaissances, il convient pour la conservation des chaudières : 1° d'empêcher autant que possible l'arrivée des graisses à la chaudière et, conséquemment, de réduire la lubrification des organes intérieurs de la machine au strict minimum ; filtrer l'eau d'alimentation si on peut le faire ; 2° de faire une extraction de surface, une fois par quart de 4 heures, pour débarrasser partiellement la chaudière des graisses qu'elle peut contenir ; 3° de faire usage de zinc à l'intérieur ; 4° chaque fois que la chose est possible, peindre à la céruse, ou mieux au mastic Serbat liquide, toute la surface qui se trouve dans le voisinage de la ligne d'eau.

Pendant les repos, employer l'un des moyens décrits à l'article CHAUDIÈRE A VAPEUR, § *Entretien des chaudières*.

I. **CORROYAGE.** Tous les cuirs : peau de vache, de petit bœuf, de veau et de chèvre, destinés à d'autres usages qu'à la confection des semelles, c'est-à-dire pour la cordonnerie, la sellerie, la carrosserie, la gaînerie, etc., subissent, après le tannage, un nouveau travail destiné à leur donner la souplesse, le brillant, le lustre et la couleur, et qui constitue l'industrie de la *corroierie*. Les produits qui en résultent reçoivent des noms divers, soit en rapport avec les usages auxquels ils sont destinés : *cuirs étirés*, *cuirs lisses* ; soit d'après la préparation qu'ils ont subie : *cuirs en suif*, *cuirs en huile*, *cuirs rouges*, *cuirs de Russie*, etc.

Le travail de la corroierie s'exécute à la main ou à l'aide de machines et comprend toujours la série des opérations suivantes, dont l'ordre est quelquefois interverti :

Le *défonçage* ou *foulage*, précédé du *trempage* ; le *butage* ; le *drayage* ou *dolage* ; le *paumelage* ou *margueritage*, ainsi que le *rebroussage* et le *crépissage* ; l'*étirage* ou *mise au vent* ; le *parage*.

Quelques-unes de ces opérations ont une grande analogie avec celles qu'exécute le tanneur et se pratiquent par des procédés ou à l'aide de machines employés dans cette industrie. Enfin, comme partie accessoire de son travail, le corroyeur se charge souvent de découper les cuirs et de leur donner, par le cambrage, des formes appropriées aux usages auxquels on les destine, notamment pour la cordonnerie ; comme ce travail de préparation trouvera naturellement sa place dans l'étude de chacune de ces industries particulières, nous n'en parlerons pas ici.

Défonçage ou foulage. Cette opération, qui a pour but de ramollir le cuir, consiste à faire tremper dans un baquet la peau, dont on a tranché les extrémités des pattes, du front, etc., et à la fouler avec de gros souliers sur une claie, ou à la frapper avec une grosse masse à dents émoussées, dite *bigorne*. A ce travail manuel on substitue le tonneau à fouler de la *tannerie* (V. ce mot), qui le simplifie considérablement.

Butage et drayage. Les cuirs tannés présentent toujours des irrégularités à leur surface, composées de parties filamenteuses qui contiennent plus ou moins de tannée et que l'on enlève par le butage, une fois le cuir amolli. Le drayage forme le complément de l'opération précédente et consiste à enlever toute la superficie du côté de la chair, pour donner une égalité régulière d'épaisseur. Les peaux qui offrent trop de parties faibles sont butées seulement. Il s'agit, en un mot, de nettoyer la peau, et souvent l'on désigne encore cette opération par les mots *écharner*, *déborder*, *dégorger*, etc.

Manuellement, ce travail s'exécute en étendant les peaux sur un chevalet en dos d'âne et en les râclant avec le *couteau à revers* ou drayer, le *butoir sourd* et le *butoir tranchant*, ou bien encore avec l'*étire*. Sauf l'étire, tous ces outils sont formés d'une longue lame coupante ou émoussée, à double manche, qu'on saisit dans les deux mains. L'étire est une plaque de fer ou de cuivre peu haute, emmanchée dans une poignée à double manche terminée par un tranchant mousse. Les diverses machines que l'on emploie dans ce cas se rapportent à un type facile à concevoir. Deux cylindres tournant en regard l'un de l'autre, l'un servant de support à la peau, l'autre pourvu d'un couteau en forme d'hélice qui agit sur la peau entraînée entre les deux cylindres, maintenus en regard par des ressorts, des poids, ou tout autre moyen. Suivant les pays, on draye toutes les peaux, comme à Paris ; dans d'autres, on ne fait subir ce travail qu'à celles de la vache.

Paumelage. Cette opération doit être faite sur toutes les peaux tannées soumises au corroyage. Elle a pour but de relever le grain du cuir et de lui donner dans toutes ses parties un aspect uniforme et agréable. Elle s'exécute à l'aide de la *paumelle* ou de la *marguerite*, outil en bois dur, bombé, garni d'une lanière ou bride dite *manicle* qui sert à la tenir à la façon d'une brosse. La grandeur est variable, ainsi que la surface, soit lisse, soit striée de cannelures parallèles, croisées, etc. C'est avec ces outils que l'on fait subir aux peaux la série d'opérations désignées dans cette industrie par les termes de ; *rebrousser*, *corrompre*, *crépir*, *redresser les cuirs*, *les adoucir*, *relever le grain et coucher la chair*, qui consistent, après avoir posé sur une table la peau, repliée en deux, la partie qui formera la fleur à l'intérieur, à glisser la marguerite et à la retirer fortement en suivant le sens des fibres, ou bien à imprimer des raies sur la peau.

Le travail est conduit de diverses façons, suivant la destination des peaux. Pour celles qui seront mises en noir, on crépit dans les deux sens, pour celles qui restent en cuir jaune, on retrousse en long et crépit en travers. Enfin les peaux fines sont passées à la marguerite de liège.

C'est surtout pour cette opération pénible qu'on a cherché à utiliser les machines. Elles se composent d'une marguerite, attelée à un balancier animé à la fois d'un mouvement de va-et-vient et d'un mouvement ascendant et descendant, qui se meut au-dessus d'une table où l'on place la peau repliée en deux. La table est mobile sur son

bâti, de façon à conduire toutes les parties de la peau sous l'outil. La marguerite est fixée à l'extrémité d'un battant mobile autour d'un axe placé au sommet du bâti, le mouvement de va-et-vient lui est communiqué à l'aide d'un levier relié au bras d'un excentrique calé sur l'arbre de la poulie de transmission. Quant au mouvement ascendant et descendant, il est obtenu par deux chemins de fer, courbes et parallèles, sur lesquels roulent deux galets placés sur le battant.

Etirage. Il faut ensuite abattre le grain de la peau, l'étendre et la rendre uniforme, c'est là ce qui constitue le travail de l'étire, qu'on désigne quelquefois sous les noms d'*étendre*, d'*abattre* ou de *retenir*. Il se pratique à la main à l'aide de l'étire que nous avons déjà décrite. Les machines à étirer sont composées d'un rouleau entraînant le cuir, qui passe entre une ou plusieurs étires, montées sur des leviers, et une table sur laquelle elles pressent.

Parage. Le parage qui a pour but le nettoyage de la partie interne de la peau se fait au couteau à revers sur une table, ou à l'aide de la *lunette*, sorte de couteau rond en forme de calotte, en tendant la peau à l'air. Les machines à parer et à poncer sont composées de rouleaux, armés d'une

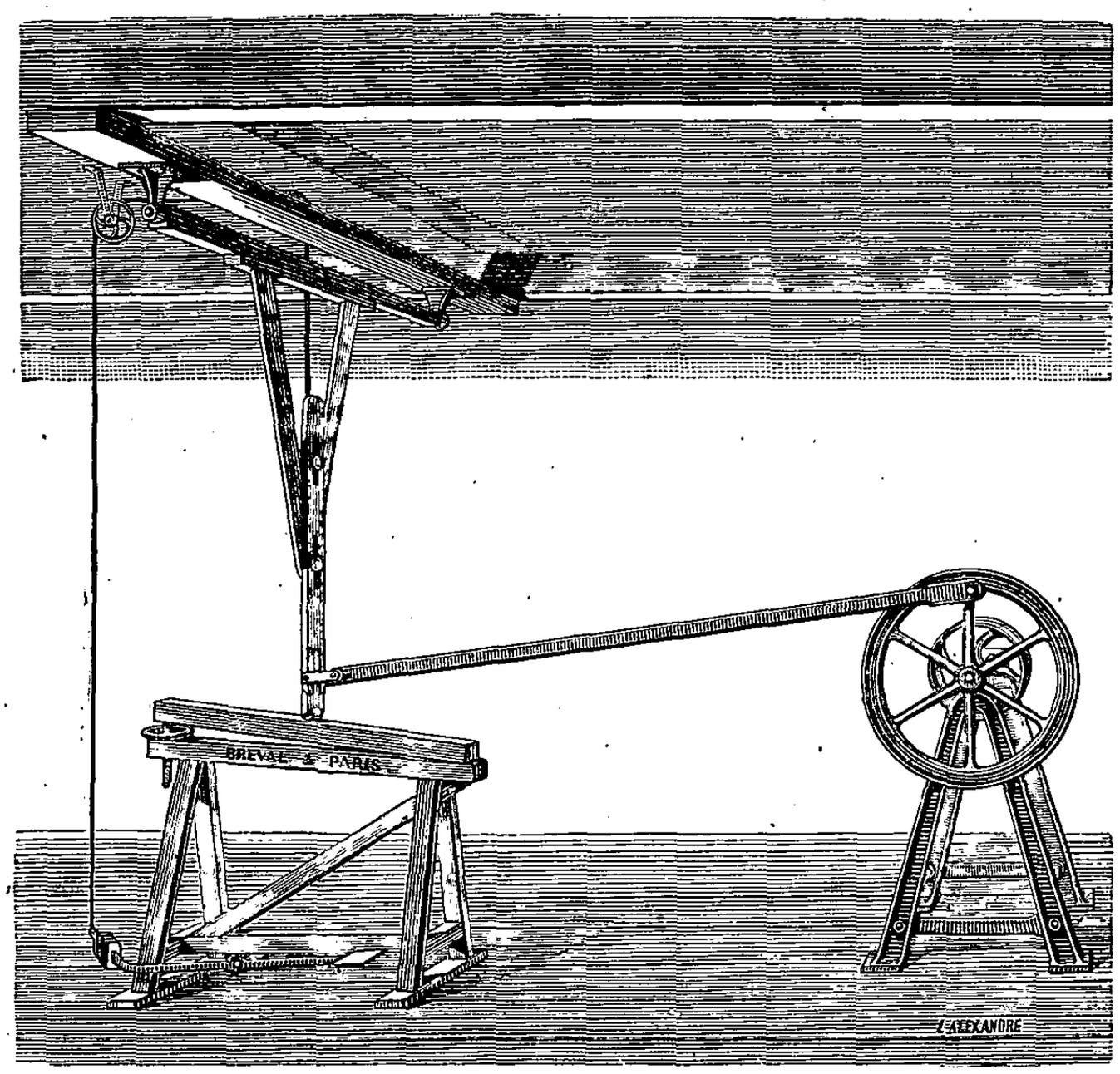


Fig. 509. — *Lisseuse.*

série de couteaux, passant au-dessus de chariots, sur lesquels on étend les peaux.

Des cuirs corroyés. Les opérations que nous venons de décrire et qui constituent l'ensemble de l'industrie du corroyage, s'appliquent toutes ou en partie et dans un ordre variable, pour obtenir différents produits que l'on peut subdiviser ainsi qu'il suit.

Cuirs étirés. Ce sont ceux qui demandent le moins de travail, ils servent à faire pour les chaussures des semelles légères, et les semelles intérieures des gros souliers, ainsi qu'à certains ouvrages de bourrellerie et de sellerie. On leur fait subir la préparation décrite précédemment dans l'ordre indiqué.

Cuirs en suif. Ces cuirs peuvent être subdivisés en deux classes. Les *cuirs lissés,* cuirs très forts dont le grain est abattu, passés en suif et mis en noir, puis lissés ; et les *cuirs en grains.* La mise en suif consiste à passer les peaux légèrement au-dessus d'un feu de paille, afin de les échauffer, et de les rendre plus aptes à se laisser pénétrer par le suif. Ce suif ne doit jamais contenir d'acide, on se sert généralement des résidus des graisses de panne, après la fonte pour les chandelles. On calcule ordinairement sur 3 kilogrammes de suif par peau de moyenne grandeur. On pratique ensuite le foulage, le paumelage, l'étirage et on passe au noir, en trempant les peaux dans un bain de bière aigrie tenant de la vieille ferraille. Il se forme un tannate de fer qui provoque la couleur. Cette teinture est accompagnée d'étirage, de dressage à la presse pour bien tendre la peau et la raffermir et repousser le suif. Les cuirs lissés reçoivent enfin une dernière manipulation, destinée

à les lustrer. On les étire avec une sorte eru- bd nissoir en verre dit *lisse*, travail qui s'exécute aujourd'hui presque toujours à l'aide de la machine représentée figure 509. Les cuirs en grains sont repassés à la marguerite après la mise en noir. Si, au lieu de teindre les cuirs en noir, on veut leur conserver leur couleur naturelle, on se sert de la liqueur de bière dans laquelle on met de la graine d'avignon, du safran, du sumac, etc. Ces cuirs sont surtout employés pour la sellerie.

Cuirs en huile. Le caractère distinctif de ces cuirs est la souplesse, on les fait en noir ou en blanc. Les premiers sont à peu près travaillés comme les cuirs en suif, et la mise en huile s'opère à l'aide du *dégras*, mélange d'huile de poisson et de potasse qui a servi à dégraisser les peaux passées en chamois. Il faut environ 1/2 du poids du cuir, de dégras; incorporé à plusieurs reprises, en décrassant à chaque fois avec de l'eau de potasse. On met en noir, crépit à la marguerite, passe une seconde fois au noir, et achève l'étirage et le parage. Les cuirs blancs se font par un défonçage, un butage, la mise en huile, un nouveau foulage et un tirage au liège. On fabrique également des cuirs de vache ou de veau teints en rouge. Après la mise en huile les peaux sont mordancées à l'alun, foulées et teintes à la décoction de bois de Brésil dans l'eau de chaux, puis enfin on termine par un nouveau parage à la paumelle. Le cuir, connu sous le nom de *cuir anglais*, et très estimé pour la sellerie est un cuir choisi tanné d'une façon spéciale qui le rend très souple, qualité qui le caractérise, bien dégagé de l'eau de tout résidu du tannage, passé dans un bain de sumac, et quelquefois auparavant dans un bain d'acide sulfurique très étendu, lavé, mis en huile, puis terminé comme les autres cuirs.

Cuirs de Russie. Ces cuirs, généralement rouges, sont surtout connus par leur odeur agréable, due à l'emploi d'une huile empyreumatique, l'huile de bouleau qui les met à l'abri de l'action de l'humidité, ou des attaques des insectes, et rend ce cuir utile pour les ouvrages précieux. Ceux, préparés en Russie même, offrent quelques particularités dues au tannage, qui comporte un traitement dans un bain de farine de seigle qu'on fait fermenter avec du levain. La teinture est obtenue par un mordançage à l'alun, et un brossage à la décoction alcaline de bois de Brésil, ou de cochenille, ou de santal rouge. Un procédé très intéressant pour imiter les cuirs de Russie consiste à prendre des peaux bien tannées et épurées, à les mordancer au sel d'étain, à les teindre avec une décoction de bois de Fernambouc additionnée de tartrate de potasse et enfin à les travailler comme les cuirs à l'huile et en noir; comme dernier apprêt, le cuir, teint du côté de la chair, est humecté avec du jus de tan, puis étendu, battu, séché, crépi, passé à la paumelle, etc. Ce cuir est surtout employé pour la gaînerie, la reliure, en un mot pour tous les ouvrages un peu précieux.

Veau ciré. Ce produit s'emploie presqu'exclusivement dans la cordonnerie, pour la confection des tiges de bottes et de souliers. Il réclame un tannage soigné, et est amené d'abord par le drayage à ne présenter que l'épaisseur voulue puis on le foule à l'eau pure ou au jus de tannée. A ce travail succède la mise au vent, et de sa bonne exécution dépend la qualité de la peau. On procède ensuite à la mise en huile sur les deux faces, et au séchage, puis au décrassage, à l'étire, au graissage et enfin au cirage. Cette opération doit être soignée, pour que le cuir présente partout un aspect bien uniforme, tout en n'altérant pas la fleur qui doit rester blanche. Ce cirage est fait avec de l'huile de poisson, la meilleure est celle de morue, du suif et du noir de fumée, un peu détrempé à l'huile de lin. Le cuir ciré est mis à sécher. Pour opérer le *finissage*, on l'enduit une première fois d'une couche de colle de peau et de suif, que l'on *glace* une fois sèche en lissant avec une lisse en verre; pour la seconde couche on ajoute à l'enduit un peu de colle de pâte et de savon noir, on sèche, lisse et sèche de nouveau à l'abri de l'humidité. — B.

II. * **CORROYAGE.** *T. de métall.* Opération qui consiste à battre le fer à chaud; ou action de souder ensemble des barres que l'on soumet ensuite à un nouvel étirage.

CORROYER. *T. techn.* Soumettre les cuirs aux diverses opérations qui leur donnent du poli et de la souplesse. || Battre le fer à chaud. || Souder des barres de métal pour en faire une seule et l'étirer. || Dégrossir du bois de menuiserie, de construction. || Revêtir de corroi sur bassin, un canal, etc. || Rendre plus fin le sable de fonderie.

CORROYEUR. *T. de mét.* Celui qui pratique le corroyage.

CORSELET. *T. d'arm. anc.* Partie principale de la cuirasse, celle qui couvrait la poitrine, les hanches et le ventre. — V. ARMURE, BRACONNIÈRE. || Corps de cuirasse que portaient les piquiers. — V. COSTUME.

CORSET. Espèce de corsage baleiné, agrafé devant, que les femmes portent en dessous de leurs robes, et qui enveloppe et suit exactement les formes du buste depuis la poitrine jusqu'au-dessous des hanches. Le corset est aussi employé par quelques hommes dans le but de soutenir leur taille et de maintenir le tronc avec plus de rectitude.

HISTORIQUE. Il a été démontré que les dames grecques et romaines ne connaissaient pas le corset : seulement, comme le prouve un passage de l'*Isostrasion* du comique Alexis, elles se servaient de buscs et soutenaient leur sein avec une camisole étroite ou une ceinture très large, qui rendait la taille plus fine et la faisait mieux paraître.

Mais il arriva une époque où une sorte de barbarie succédant tout à coup à une civilisation corrompue et raffinée, les femmes ne portèrent plus de buscs. Cependant elles dessinaient leur taille depuis le cou jusqu'aux hanches au moyen d'un *bliaud* ou justaucorps très étroit ajusté à la forme de la poitrine, comme on peut le voir sur le sceau d'Adèle de Champagne, troisième femme de Louis-le-Jeune (1190), et sur quelques statues du moyen âge, conservées dans les caveaux de Saint-Denis.

Le corset véritable n'apparaît qu'à l'époque de la Renaissance, cet âge d'or durant lequel les toilettes féminines brillèrent d'un si vif éclat. Le goût étant aux tailles fines et aux jupes bouffantes, appelées *vertugales*

ou *vertugadins*, on vit paraître les premiers appareils montés sur des armatures en fil de laiton, avec des buscs de baleine sur le devant, lesquels datent du règne de François Ier et se nommaient *basquines* ou *vasquines*. Sous Charles IX, les basquines prirent le nom de *corps piqué;* leur usage se répandit bientôt par toute l'Europe.

Ces corsets que, selon Bodin, dans sa *Méthode pour l'histoire*, on avait tant reprochés aux Florentines de la cour de Catherine de Médicis, parce que les premières elles les mirent à la mode, furent bientôt remplacées par les bustes en métal forgé, en fer. Cette nouvelle invention consistait en une sorte d'armure presque inextensible et inflexible, qui permettait aux femmes de s'amincir la taille, de développer les formes de la gorge et de donner de beaux contours aux épaules.

Nous devons ajouter que les corsets, ainsi que les corsages des robes, étaient maintenus par devant au moyen de buscs en fer, en bois ou en ivoire.

A l'époque de Louis XIV, les corsetiers prenaient le nom de *tailleurs pour femmes*. « Ils s'attachent particulièrement, dit M. de Paulmy (*Mélanges d'une grande bibliothèque*), à faire les corps et corsets baleinés, ce qui est vraiment un ouvrage difficile et délicat. »

Les dames nobles et les bourgeoises que laissaient indifférentes ces ingénieuses nouveautés, se contentaient du corsage ou corset, ouvert ou fermé, appelé *gourgandine*. Boursault, dans sa comédie des *Mots à la mode*, nous apprend comment fut baptisée cette pièce de vêtement :

> Enfin la *gourgandine* est un riche corset
> Entr'ouvert par devant à l'aide d'un lacet,
> Et comme il rend la taille et plus belle et plus fine,
> On a cru lui donner le nom de gourgandine.

Pendant le règne suivant, le corset s'adapta aux robes. Celles-ci étaient alors montées sur un *corps*, appareil en forme de gaîne que l'ancien usage avait consacré comme chose indispensable pour empêcher la taille de se gâter. On lit dans l'inventaire qui fut fait après la mort de Gabrielle d'Estrées, la célèbre maîtresse de Henri IV : « Une robe de satin jaune, découpée, chamarée de passemens, garnie de ses corps et manches de même satin..... » Les corps étaient de bougran bardé de baleines de tous les côtés. Le fer remplaçait les baleines s'il s'agissait de remédier à des vices de conformation.

En dépit du corset avec *cent quatre baleines*, du temps de Louis XVI, conservé dans les collections de M. Christian Hammer, à Stockholm, on revint, sous ce prince, à plus de simplicité. « Le corset de nos dames, dit un article du *Dictionnaire des origines* (Paris, 1777), est un petit corps ordinairement de toile piquée et sans baleines qu'elles attachent par devant avec des cordons ou des rubans, et qu'elles portent en déshabillé. »

La confection de ces corsets était le fait des *tailleurs de corps*, ce qui n'empêcha pas le modiste Beaulard de se faire en ce genre une sorte de célébrité par ses corsets à combinaisons. Cet innovateur agençait quelquefois les siens avec le jupon, par un double mécanisme qui permettait de dissimuler les grossesses et de rendre à la taille une partie de la mince souplesse que l'embonpoint avait pu lui faire perdre. Quoi qu'il en soit, l'industrie des corps, à laquelle tant de générations s'étaient docilement soumises, périclita un moment par suite de l'invention des lingères qui venaient d'imaginer les *corsets de basin, n'ayant qu'un busc pour armature*, et permettant d'éviter ainsi les inconvénients reprochés aux corps.

La tempête révolutionnaire emporta les corps et l'industrie qui consistait à les construire.

Sous le Directoire, les femmes adoptèrent le costume grec et mirent en usage de petits corsets de basin, de coutil ou de nankin sans baleines, corsets qui serraient modérément et avaient pour principal objet de maintenir et de protéger, sans entraves ni douleurs. Ce genre de corset, dit *à la paresseuse*, s'attachait par quelques rubans ou lacets, placés de distance en distance vers le dos. Il ne devait jamais exercer une grande compression sur les fausses côtes, ni serrer les seins, qu'il eût déformés et froissés. Au reste, ce petit corset s'adaptait comme celui dont se servent les femmes de l'Inde, qui éternisent en quelque sorte les caractères de la jeunesse en faisant usage d'un corset très simple, ayant pour unique but de conserver la forme sphérique des seins.

C'est alors que parurent les corsets *à poulies*, corsets imités des corsets *à combinaisons*. C'est à l'aide de ce vêtement que, sur la scène du théâtre Français, Mlle Contat, qui avait trop engraissé, put longtemps, avec un corset-jupon de cet adroit mécanisme, faire croire à une jeunesse de taille et à une élégance disparues.

Avec le premier Empire, le corset se dessina très haut, au-dessous des seins. Pendant l'hiver 1809-1810, quelques femmes voulurent faire revivre la mode des corsets très serrés; mais elles ne réussirent pas à vaincre la vive opposition que leur fit Mme de Longueville, soutenue par l'impératrice, dont la taille était très courte et la gorge proéminente, ainsi qu'on le voit par le portrait de Prud'hon.

Les élégantes de la Restauration firent prévaloir la mode des corsets exerçant sur la poitrine une forte compression, et garnis d'un busc qui se prolongeait jusqu'au milieu du ventre. Ces corsets étaient lacés par derrière, ce qui les rendait très incommodes pour les dames qui n'avaient pas à leur disposition des femmes de chambre.

Si maintenant nous étudions l'histoire du corset au point de vue hygiénique, on verra que lorsqu'il est serré outre mesure, il comprime le thorax et l'abdomen, gêne la respiration et la circulation, trouble les fonctions digestives, et occasionne de graves désordres, tels que des maladies de cœur, d'estomac ou de poitrine, la déviation de la taille, etc., etc.

Cela explique pourquoi cette partie du vêtement féminin a de tout temps été réprouvée par les hygiénistes. Déjà au XVIe siècle, Riolan, médecin de Catherine de Médicis, et Ambroise Paré s'efforçaient, mais inutilement, de démontrer les inconvénients et les dangers de la constriction de la taille. Plus tard, le célèbre Winslow renouvela les mêmes observations. Rousseau et Buffon mirent également leur éloquence au service de la même cause. Puis, en 1770, un livre qui résumait toutes les raisons données par les maîtres, parut sous ce titre significatif : *Dégradation de l'espèce humaine par l'usage des corps à baleines, ouvrage dans lequel on démontre que c'est aller contre les lois de la nature, augmenter la dépopulation et abâtardir pour ainsi dire l'homme, que de le mettre à la torture dès les premiers instants de son existence, sous prétexte de le former.*

Mais nous devons ajouter qu'un corset, bien ajusté à la forme du corps, susceptible d'une certaine élasticité pour laisser la liberté des mouvements étendus, corrige la taille, protège la poitrine en la soutenant, et à ce dernier point de vue permet aux femmes d'accomplir sans aucun risque bien des efforts qui leur seraient presque impossibles. Leurs bons ou leurs mauvais effets ne dépendent évidemment que du discernement apporté dans leur emploi, et si beaucoup de médecins prêchent contre leur usage, c'est plutôt à une coquetterie mal placée, qu'aux corsets eux-mêmes que ces reproches devraient être adressés.

L'industrie du corset n'a pris un véritable développement qu'à partir de l'année 1820, époque à laquelle s'établit à Paris la maison Regner-Cailquot, qui se livra la première à la fabrication en gros de cet article. « Les changements que les corsets subirent alors servirent de point de départ à toutes les améliorations dont ils ont été l'objet par la suite. Avant 1828, il n'avait été pris que deux brevets d'invention pour les corsets; on en demanda soixante-quatre de 1828 à 1848.

Vers 1830, quelques fabricants parvinrent à rendre les corsets moins pernicieux. On est redevable du *délaçage*

instantané à M. Josselin, de Paris (1829). C'est un autre industriel parisien, M. Dumoulin, qui a supprimé les *goussets* (1838). Un autre corsetier de la même ville, M. Notet, a imaginé le *dos à la paresseuse* (1844).

Plusieurs inventeurs se sont aussi spécialement occupés de la fabrication des tissus employés par les corsetiers, et les résultats qu'ils ont obtenus ont donné naissance à l'industrie des *corsets mécaniques* ou *corsets sans couture*, que beaucoup de personnes préfèrent aux corsets ordinaires ou corsets sur mesure. Cette nouvelle branche de travail a été créée en France, par M. Jean Werly, de Bar-le-Duc (1832), et MM. Voisin et Baillard, de Paris.

En 1839, les corsets furent admis à l'Exposition; dès ce moment les rapports des jurys signalèrent la progression constante de cette industrie, l'émulation qui n'a cessé de régner parmi les fabricants, et le zèle intelligent qu'ils apportent encore au perfectionnement de leurs produits. Les différentes modifications adoptées ont eu pour effet de rendre l'emploi du corset plus facile et moins dangereux pour la santé, tout en permettant de corriger la taille ou de lui donner plus d'élégance; elles ont aussi donné naissance à la fabrication de divers objets accessoires nécessaires aux corsetiers, tels que les œillets, les garnitures métalliques et les ressorts d'acier. — S. B.

Fabrication. L'industrie du corset comprend : 1° le *corset cousu;* 2° le *corset tissé* ou *sans couture*.

Corset cousu. Le corset cousu se prépare avec diverses étoffes : le coutil pour les articles courants; la soie, le satin, la moire, les étoffes brodées pour les articles riches. Cette fabrication est une simple opération de couture, nécessitant un travail préalable de coupe assez complexe. Il s'agit, en effet, à l'aide d'une étoffe généralement peu extensible, d'envelopper très exactement la taille, en en épousant tous les contours et sinuosités. On comprend facilement que ce résultat ne peut être obtenu qu'en composant le corset d'une quantité de morceaux coupés en pointe, réunis les uns aux autres, de manière à composer cette forme courbe avec des parties planes. Des baleines introduites dans de petites coulisses pratiquées sur le corset à l'aide de deux rangs de piqûres, servent à lui donner une certaine rigidité et à maintenir la forme. Les corsets sont ou d'une seule pièce, comme une bande modelée dont les deux bords viendraient s'agrafer l'un sur l'autre, sur la poitrine, ou en deux pièces, s'agrafant toujours sur le devant et réunies par derrière à l'aide d'un lacet passant dans des œillets; ce dernier mode est infiniment préférable, surtout au point de vue de l'hygiène, car le corset se prête facilement à tous les mouvements un peu violents, sans exercer aucune gêne et en reprenant sa forme et ses effets ordinaires, dans les positions normales. Cette dernière condition est surtout satisfaite par la substitution des lacets à âme de caoutchouc aux anciens lacets ou simples rubans de soie. Les corsets cousus sont, ou établis en fabrique sur une série de modèles invariables et gradués de taille, comme tous les vêtements confectionnés, ou faits sur mesure spéciale. Ce dernier travail forme l'industrie des corsetières célèbres, qui peuvent, comme il est aisé de l'imaginer, apporter des variations de tous genres dans leur travail. Une des difficultés que la confection des corsets rencontre aujourd'hui, c'est la nécessité de produire à bon marché; alors que la baleine devient de plus en plus rare et chère; aussi a-t-on fait de nombreuses tentatives pour lui substituer d'autres matières : acier, buffle, etc.; mais il est bien reconnu qu'aucune d'elles ne peut la remplacer. Paris apporte, dans cette fabrication, ses qualités traditionnelles de goût; des fabriques importantes, comme celle de Farcy et Oppenheim, et quelques maisons de détail, ont su imposer le corset parisien au monde entier; viennent ensuite : Lyon, Troyes, Lille, Orléans, Bordeaux, Rouen, etc.

Corset tissé. Ce genre de corset, connu aussi sous le nom de *corset sans couture*, se distingue du précédent en ce qu'il est fait d'un seul morceau d'étoffe tissée d'une façon convenable pour présenter par lui-même tous les élargissements ou rétrécissements nécessaires à l'adaptation à la forme du corps. Cette nouvelle fabrication, d'invention française, a été établie à Bar-le-Duc, en 1832, par un industriel d'origine suisse, Jean Werly. Ces métiers ont subi de nombreuses modifications et la fabrique de Libron et Stiegler, qui occupe la première place dans cette industrie, a contribué pour une part considérable à ces perfectionnements. Bien qu'au premier abord il semble difficile d'imaginer la confection d'un tissu où les goussets, les pinces soient tout formés par le métier même; si l'on réfléchit un instant que le métier à bas a été imaginé dans le même but et atteint le même résultat, on ne sera plus surpris de ce genre de production, et si les deux métiers ne sont pas identiques, il est certain que l'on peut considérer le métier fabriquant les corsets comme un dérivé du métier à bas, dont il a pris le principe. On se servit d'abord d'une ensouple à courbure variable déterminée à l'avance et disposée d'une façon particulière. L'ensouple du second est formée d'une espèce de chaîne sans fin qui permet aux fils de prendre les inflexions et de décrire certaines courbures pendant le travail. Ces moyens assez compliqués exigeaient beaucoup d'habileté dans leur mise en œuvre. De nouveaux perfectionnements ont permis de rendre ce tissage aussi simple que le tissage d'un article broché ordinaire. On assimile les élargis, ou pièces cambrées du dos, de la poitrine et des hanches à des figures quelconques, on les développe à la mise en carte et les lie par les moyens en usage. Comme l'embuvage, ou la quantité de fils par unité de surface, varie dans ce tissu, la chaîne est divisée sur plusieurs roquetins, disposition appliquée, dans le même but, à la rubannerie, à la passementerie, etc. Enfin, comme au lieu d'une surface unie et lisse, plane et régulière, c'est une surface sinueuse, irrégulière, qui gode sur le métier et dont il faut se débarrasser à des instants donnés, on substitue à l'ensouple cylindrique ordinaire une pièce transversale demi-courbe, garnie de pointes à sa courbure, qui a la faculté de s'approcher et de s'éloigner du battant et du peigne sur une espèce de chariot. Il suffit d'approcher la barre à pointes du battant rendu mobile, d'en décrocher l'étoffe, pour que les fils de chaîne, sollicités par la tension, se redressent naturellement. Le tissu est fixé à nouveau sur les

pointes de la barre, ramenée à sa position primitive; la partie tissée, qui se trouvait précédemment comprise entre l'ouvrier et le peigne, flotte en arrière de la pièce à pointes et le travail peut être repris en rendant la mobilité au battant. La figure 510 représente la vue d'ensemble d'un métier de genre.

Cette fabrication est restée pendant de longues années exclusivement française; depuis peu, l'Allemagne, l'Amérique et l'Ecosse en ont établi à leur tour. Afin d'introduire dans le commerce des produits à des prix plus avantageux, on a cherché à faire fonctionner ces métiers à l'aide de la vapeur. Les résultats obtenus sont loin d'être aussi satisfaisants, sous le rapport de la régularité des tissus, que dans le tissage à la main, cela à cause

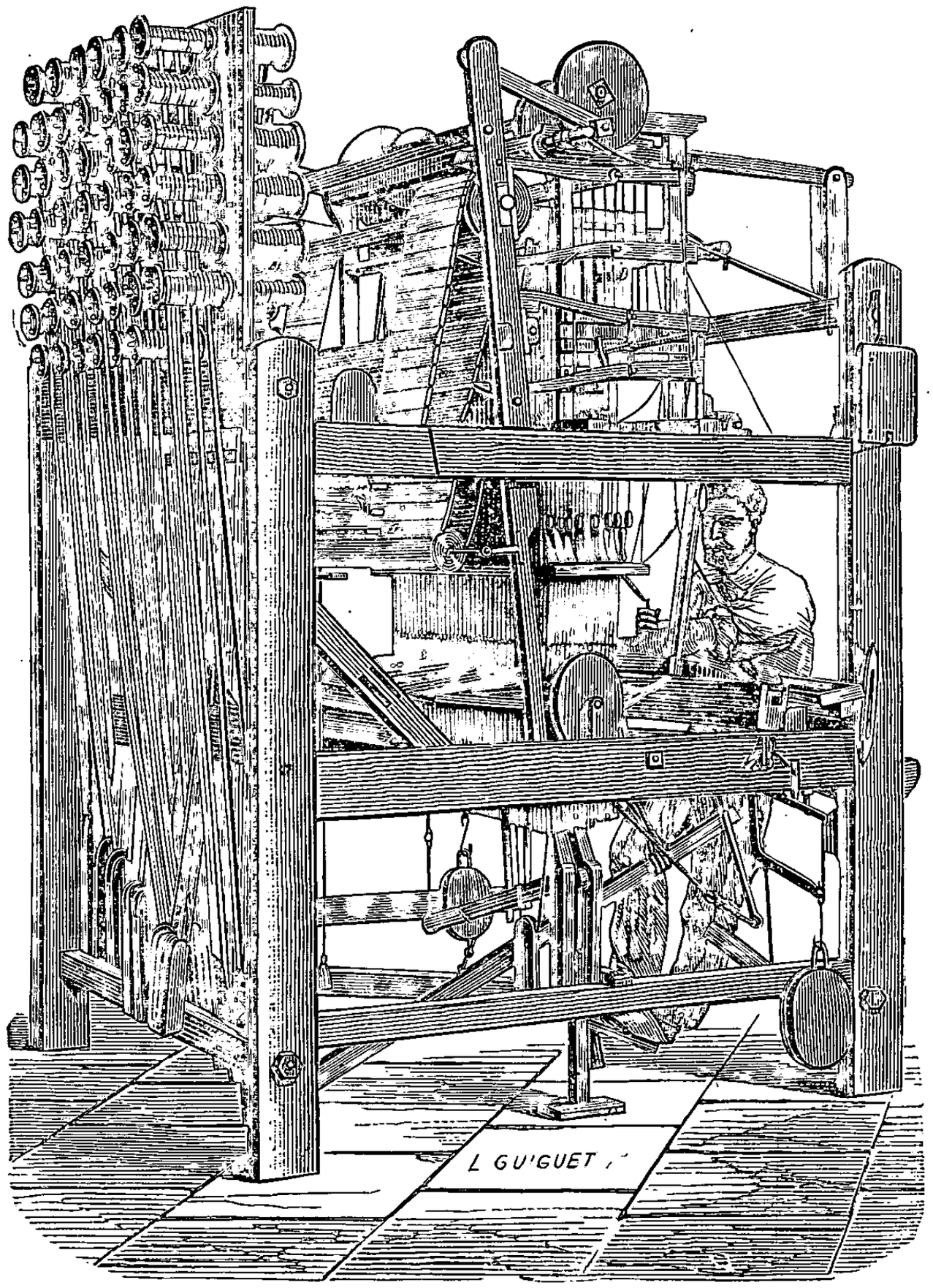


Fig. 510. — *Métier pour la fabrication mécanique des corsets sans coutures.*

des fréquents changements à opérer dans le cours du travail, pour ménager les parties étroites, larges et convexes qui doivent former l'ensemble de l'objet, et c'est cette particularité qui constitue la supériorité de la manufacture citée plus haut, laquelle a conservé le tissage à la main. Ces conditions n'ont rien, d'ailleurs, qui puisse surprendre; l'on y voit se poursuivre l'analogie que nous indiquions avec l'industrie de la bonneterie. Tout le monde sait la faveur marquée dont jouit le bas de Paris, faveur due à ce seul fait, que les métiers à bas, dans cette fabrication, sont conduits à la main. Les corsets tissés sont ensuite décorés de broderies, ornements divers, le plus souvent à Vaucouleurs.

Un ouvrier tisse à lui seul trois corsets à la fois, la longueur du corset étant disposée dans le sens de la largeur du métier. Le fil de coton employé vient de Rouen pour la chaîne, et de la Meuse pour la trame.

Corset mécanique. Appareil orthopédique destiné à corriger ou à prévenir les déviations de la taille. || En chirurgie, on nomme aussi cor-

set un grand bandage qui embrasse la plus grande partie du tronc.

CORSETIER, IÈRE. *T. de mét.* Celui, celle qui fabrique ou vend des corsets.

***CORTOT** (JEAN-PIERRE), statuaire, né en 1797, à Paris, où il mourut en 1843, était élève de cet obscur et honnête J.-C. Bridan (1767-1836), qui collabora aux bas-reliefs de la colonne Vendôme et fit le modèle en plâtre de l'*Eléphant de la Bastille*, ce souvenir de Paris démoli, conservé par Victor Hugo en un chapitre des *Misérables*. Cortot obtint le grand prix de sculpture en 1809, fut, à ce titre, pensionnaire de l'Académie de France à Rome et en rapporta à Paris un talent sage, correct, non dépourvu d'élégance, que goûtèrent également l'administration des Beaux-Arts de la Restauration et celle du gouvernement de Juillet. Deux de ses œuvres sont fort connues : le *Soldat de Marathon*, au jardin des Tuileries, excellente figure, en effet, d'un beau mouvement et de noble expression, et le *Couronnement de Napoléon*, à l'Arc de triomphe de l'Etoile, bas-relief colossal qui n'a que le tort d'être placé en pendant avec le *Départ*, l'écrasant chef-d'œuvre de Rude. On peut citer encore du même artiste : le fronton de la Chambre des Députés ; *Marie-Antoinette soutenue par la Religion*, à la chapelle expiatoire de la rue d'Anjou ; le bas-relief de la statue de Malesherbes, dans la salle des Pas-Perdus, au Palais de Justice ; la *Paix et l'Abondance*, bas-relief, dans la cour du Louvre ; *Daphnis et Chloé*, au Luxembourg ; une *Pietà*, à Notre-Dame-de-Lorette ; une *Vierge avec l'enfant Jésus*, à Arras ; au cimetière du Père Lachaise, la statue de Casimir Perier ; celle de Montebello, à Lectoure, et à Rouen, une statue de Corneille, qu'il ne faut pas confondre avec le *Corneille* de David, d'Angers, placé sur le pont de pierre, dans la même ville. J.-B. Cortot exécuta en marbre le *Louis XIII* équestre de la place Royale, à Paris, d'après le modèle de Mercier-Dupaty (1771-1825), qu'il remplaça à l'Institut en 1826, et fut, la même année, nommé professeur à l'école des Beaux-Arts.

CORVETTE. *T. de mar.* Dans l'ancienne marine militaire, c'était un navire plus petit que la frégate et plus grand que le brick ; il était armé de 24 canons.

CORYPHA. *T. de bot.* Les feuilles du *corypha australia*, appelé *cabbage palm*, servent, en Australie, à faire des chapeaux et des entrelacs. Il nous arrive quelquefois de ces produits en Europe. (On sait qu'avant l'introduction du papier, les Hindous ont longtemps écrit sur les feuilles du *corypha taliera* et *corypha clata*). Aux îles Philippines, le *corypha umbraculifera* fournit les fibres textiles qui sont importées en Europe sous le nom de *bari*.

COSÉCANTE. *T. de géom.* Sécante du complément d'un angle.

COSINUS. *T. de géom.* Sinus du complément d'un angle.

COSMÉTIQUE. *T. de parf.* On donne indistinctement le nom de *cosmétique* à toute préparation qui a pour but, sinon pour résultat, de conserver ou d'augmenter la beauté du corps, ou même de faire croire à son existence quand elle a disparu.

La liste des cosmétiques serait interminable, car elle comprendrait la plus grande partie des produits de la parfumerie. Nous dirons ici quelques mots de l'usage des cosmétiques.

Si l'on voulait partager les cosmétiques en trois classes : utiles, inoffensifs et nuisibles, la troisième serait de beaucoup la plus chargée, et on pourrait hésiter longtemps avant d'arrêter la liste des cosmétiques réellement utiles ; on doit, il est vrai, distinguer entre l'usage et l'abus, mais cette distinction est loin d'être facile à établir. Certains cosmétiques, les fards ou les teintures, par exemple, sont toujours nuisibles; d'autres, comme les savons parfumés, le sont souvent, par suite de la manière dont ils ont été préparés et par suite des parfums ou des couleurs qu'ils contiennent. Les savons qui moussent le plus abondamment et qui nettoient instantanément contiennent un excès d'alcali caustique libre qui altère et durcit l'épiderme.

Les pommades et les huiles pour la tête rancissent vite et irritent le cuir chevelu ; elles empêchent l'évaporation naturelle par les pores de la peau, l'air ne circule pas dans la chevelure; enfin elles fixent sur la tête les poussières qui voltigent toujours dans l'air et deviennent une cause de malpropreté, ou bien elles obligent à des nettoyages fréquents au savon ou avec d'autres préparations alcalines ou alcooliques, qui déracinent peu à peu le cheveu.

Les pâtes et cold-creams sont, comme les pommades, sujets à rancir et deviennent irritants.

Les dentifrices solides, s'ils sont durs, rongent et usent l'émail des dents et en amènent la chute ou au moins la carie.

L'usage d'employer, pour les ablutions journalières, de l'eau à laquelle on ajoute une forte proportion d'eau dite *de toilette*, c'est-à-dire d'alcool tenant en dissolution des huiles essentielles et des substances résineuses, tonifie momentanément la peau et les muqueuses, mais cet effet n'est que passager, et au bout d'un temps plus ou moins long, les chairs sont plus ridées que si l'on n'avait fait usage que d'eau pure.

Enfin, il ne faut pas oublier que les parfums qui accompagnent toujours les cosmétiques et qui, pour certaines personnes, en constituent le principal attrait, ont une action très marquée sur le cerveau ; cet organe peut trouver une diversion agréable dans la sensation des parfums; l'odorat est un sens qui mérite d'être satisfait et même flatté, comme celui du goût, mais c'est un sens qui s'émousse comme les autres et qui exige alors des excitations de plus en plus fortes. Il est à craindre que la surexcitation momentanée causée par les parfums, se produise aux dépens de la somme limitée d'énergie dont dispose l'organisme, et que l'abus de ces sensations se traduise en fin de compte par une action déprimante.

Certains auteurs attribuent même à l'abus des cosmétiques et des substances odorantes, le caractère apathique des orientaux, et prétendent que

c'est en énervant les femmes par un séjour continuel dans une atmosphère parfumée, qu'ils les maintiennent dans cet état d'esclavage qui caractérise le mariage chez les nations polygames.

Cosmétique pour les cheveux et la barbe. Variété de pommade très dure, où domine la cire ou la paraffine, coulée en forme de bâton cylindrique, employée surtout par les coiffeurs, pour lisser et coller les cheveux, de manière à ce qu'ils conservent pendant un certain temps les dispositions plus ou moins compliquées qu'on leur donne. Pour qu'il ne graisse pas les doigts de celui qui s'en sert, on entoure le bâton de cosmétique d'un papier d'étain. Pour préparer le cosmétique on fond ensemble 500 grammes de graisse, 500 grammes de pommade aux fleurs et 500 grammes de cire blanche ou de paraffine et on remonte le parfum avec 2 ou 3 grammes d'essences, puis on coule dans les moules. A défaut de pommade, on peut fondre la graisse avec moitié de son poids de cire ou de paraffine ; on parfume alors avec dix fois plus d'essences.

Le cosmétique brun ou noir se prépare de même, en ajoutant à la masse fondue, jusqu'à obtention de la teinte désirée, de la terre d'ombre ou du noir de fumée broyés à l'huile.

Les cosmétiques sont souvent falsifiés avec des poudres minérales inertes, telles que le talc, la dolomie, le blanc de Meudon, le sulfate de baryte. — P. G.

Bibliographie : Les talismans de la beauté, Claye, Paris, 1864 ; *Toilette d'une Romaine au temps d'Auguste* et *Cosmétiques d'une parisienne au XIX^e siècle*, C. James, Paris, 1865 ; *Cosmétiques et parfums*, Dr Lunel, Paris, Lacroix ; *Des odeurs, des parfums et des cosmétiques*, S. Presse, Paris, J.-B. Baillière, 1877.

***COSTE** (Xavier-Paul), architecte, né à Marseille, le 28 novembre 1787, mort dans la même ville, le 4 février 1879. Ancien élève de l'école des Beaux-Arts, il partit, en 1818, en Egypte, comme architecte de Méhémet-Ali, et participa, dans ce pays, à l'érection d'un grand nombre de monuments. En 1840, il suivit l'ambassade française en Perse, et il publia, à cette époque, un ouvrage : *Monuments modernes de la Perse*, etc. Nommé, en 1854, correspondant de l'Académie des BeauxArts, il fut promu chevalier de la Légion d'honneur en 1842, et officier en 1862.

***COSMORAMA.** Suite de tableaux d'optique, ordinairement peints à la gouache ou à l'aquarelle, et qui représentent les vues de diverses contrées, les sites les plus pittoresques et les monuments les plus remarquables du monde entier.

***COSMOS.** On donne le nom de *cosmos* à une sorte de laine artificielle, fabriquée avec les déchets du filage du lin au sec et au mouillé, les vieux sacs, etc., et qui est employée en Allemagne, en mélange avec la laine véritable, pour la fabrication des couvertures.

Le cosmos a été trouvé par le chimiste Neumann, de Raab (Hongrie), qui en a, dans les premiers temps, envoyé quelque peu en France sous le nom de *surrogate*. Le traitement qu'on fait subir à ces déchets consiste à traiter pendant une heure et demie environ 50 kilogrammes d'étoupes dans une bâche de 1,500 litres, contenant à moitié un liquide chauffé à 100°, composé de 2 kilogrammes de soude caustique et de 1 kilogramme de savon ordinaire. Les matières sont ensuite retirées et lavées dans une machine à laver. Un second récipient, de même capacité que le premier, est au quart rempli d'eau chaude dans laquelle on fait dissoudre à peu près 9 kilogrammes de chlorure de chaux et environ 1 kilogramme de sulfate de magnésie. Aussitôt que ces ingrédients ont été disposés, on ajoute de l'eau jusqu'à ce que le récipient soit à moitié rempli, puis on ajoute près de 2 1/2 0/0 d'acide chlorhydrique et le mélange est agité pendant un certain temps. L'eau est chauffée à environ 100° et les matières à traiter y sont plongées, mais seulement au fur et à mesure, afin qu'elles soient toujours couvertes par le liquide. Ces matières restent dans la solution à peu près une heure et demie, puis elles en sont retirées et placées dans un bain qui contient environ 50 0/0 d'acide sulfureux, à l'action duquel elles sont soumises pendant environ 30 minutes ; ensuite on les retire, on les lave, on les rince, et on en extrait toute l'humidité dans un séchoir. Aussitôt que le produit est sec, on le soumet à l'action d'un *loup* (V. ce mot), puis la carde vient faire son travail, et les fibres sont préparées de la manière usuelle pour passer au filage.

Ce traitement compliqué donne un produit qui ressemble assez à la laine du mouton et qu'on peut mélanger à celle-ci dans la proportion de 33 0/0, sans qu'un consommateur peu connaisseur s'en aperçoive. Cette fraude (si on peut l'appeler ainsi, bien que le tissu qui en soit fabriqué soit vendu sous le nom de *tissu cosmos*) se pratique en Allemagne sur une grande échelle, et, dans ces derniers temps, une certaine quantité de tissus de ce genre d'origine allemande ont été introduits en France et sont venus faire concurrence à nos produits de laine, fabriqués par nos nationaux. Il faut cependant à l'usage se défier des tissus-cosmos allemands, car lorsque la matière première a été préparée trop vite, ce qui arrive souvent à cette marchandise frelatée, le tissu cosmos a des propriétés corrosives très marquées : s'il touche la peau d'un enfant, il y produit des démangeaisons ; s'il lui touche la bouche, il y produit des éruptions. — A. R.

COSSE. *T. de parch.* Morceaux de peaux qu'on enlève pendant le raturage et qui servent à faire de la colle. || *T. d'expl. de mines.* Première couche d'une carrière d'ardoise.

***COSSETTE.** Graine de chicorée, concassée et séchée, qui sert à la fabrication du café-chicorée. || Nom que l'on donne aux fragments de betteraves ayant subi l'action du *coupe-racines* (V. ce mot).

***COSSIGNY** (Jean-François Charpentier de), ingénieur, mort en 1778, à l'Ile-de-France. Chargé d'examiner si la côte de cette île offrait un mouillage sûr, il dressa les plans d'après lesquels on construisit Port-Louis.

***COSSIGNY DE L'ALMA** (JEAN-FRANÇOIS CHARPENTIER DE), fils du précédent, mort en 1809, ingénieur militaire à l'Ile-de-France, y introduisit la canne à sucre et l'arbre à vernis de la Chine. Ses travaux lui valurent un fauteuil à l'Académie des sciences.

***COSTAZ** (LOUIS, baron), ingénieur, né en 1767, mort en 1842. Après avoir été directeur des conférences à l'Ecole normale et examinateur à l'Ecole polytechnique, il fit partie, en 1798, de la commission scientifique d'Egypte. De retour en France, il s'occupa activement de l'organisation des écoles d'arts et métiers. Il fut, en 1813, nommé directeur général des ponts et chaussées.

***COSTIÈRE.** *T. de théât.* Rainure garnie de fer pratiquée dans le plancher de la scène et destinée à faire glisser les portants. || *T. de métall.* Nom des faces latérales du creuset d'un fourneau, ou plaques de fonte qui garnissent ces deux faces et sur lesquelles sont placées les tuyères.

COSTUME. Manière de se vêtir. On désigne aussi sous ce nom l'habillement lui-même. *Costume de cérémonie, costume de bal, costume de théâtre.* Se dit encore particulièrement des habits d'uniforme qui servent de marque distinctive aux dignitaires, fonctionnaires, magistrats, etc.

HISTORIQUE. Quiconque étudie l'histoire du costume à son origine est frappé de l'antériorité de la parure sur l'habillement. Les hommes des temps préhistoriques éprouvèrent, en effet, la passion de la parure avant de sentir le besoin de l'indispensable. Ils arrangeaient soigneusement leurs cheveux, portaient des colliers, des pendeloques, etc. Dans les climats où l'intempérie des

Fig. 511. — *Gaulois en costume de voyage.*

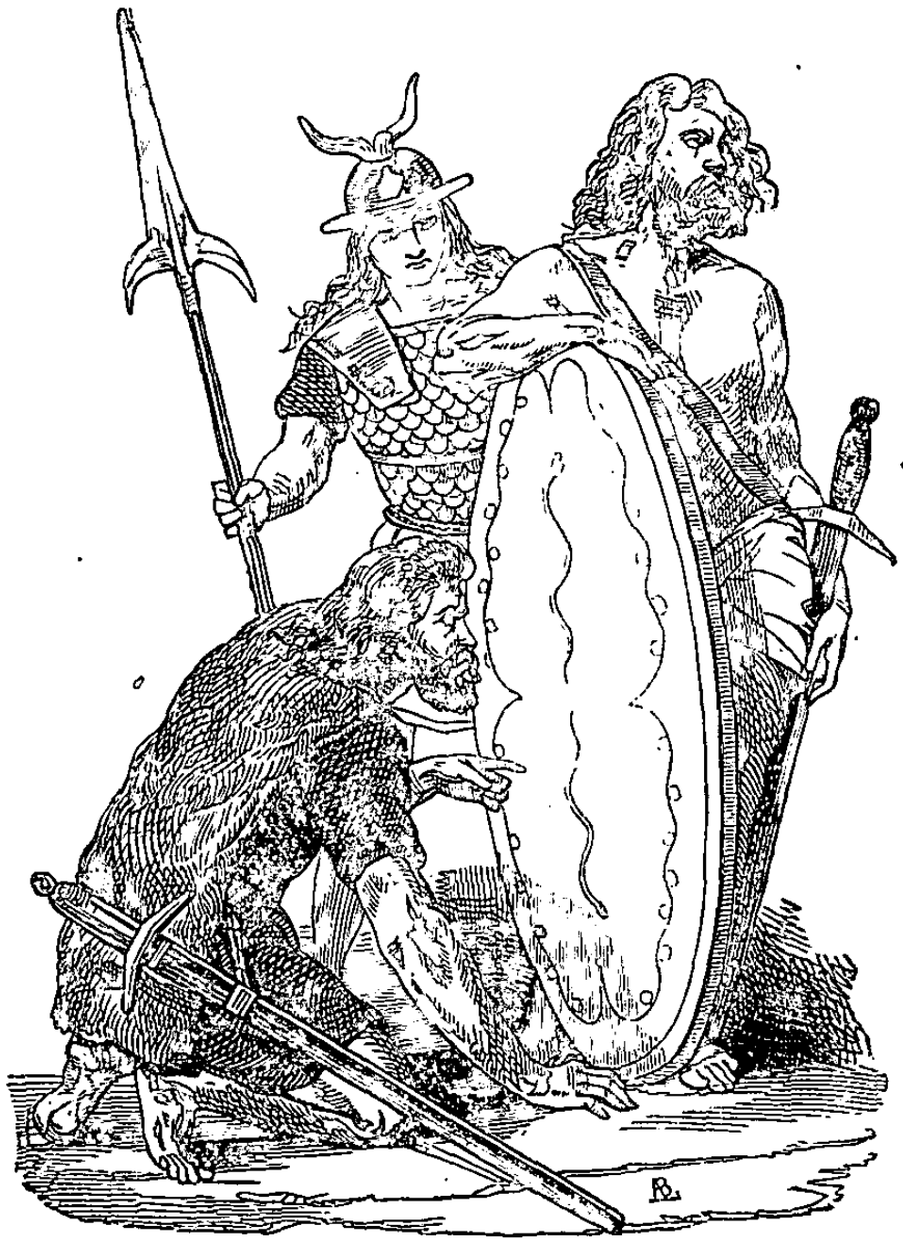


Fig. 512. — *Soldats gaulois.*

saisons provoque la nécessité de se vêtir, on utilisa d'abord la dépouille grossière des animaux. Plus tard, quand l'industrie eut tenté ses premiers essais, les peaux de bêtes assouplies par certains apprêts, ainsi que l'invention du tissage et de la teinture des étoffes, amenèrent à la conception des plus anciens vêtements dont les humains aient fait usage.

C'est à cette première étape de l'humanité que l'archéologie nous montre les Gaulois éclairés par les rayons bienfaisants de la civilisation celtique.

Un assez grand nombre de médailles et plusieurs des figures gallo-romaines de Montfaucon, de Caylus et du Musée de Saint-Germain, représentent les Gaulois revêtus d'un costume évidemment d'origine asiatique, qui les distinguait des autres peuples de l'Europe. Ils portaient des souliers de cuir à semelle épaisse (*gallicæ*), un petit manteau carré (*sagum*), sous lequel le buste et les bras restaient complètement nus, ainsi que des braies (*braccæ*) pantalon plus ou moins collant serré sur les hanches avec une ceinture, et sur la cheville avec des cordons. De là le nom de *Gallia braccata*, que les Romains donnèrent à la Gaule transalpine, pour la distinguer de la Gaule cisalpine, où les Celtes paraissent avoir renoncé de bonne heure à l'usage de ce vêtement.

A l'époque de la conquête romaine, les Gaulois avaient complété leur habillement par une étroite tunique avec des manches de couleur différente, qui descendait un peu plus bas que les genoux, comme la blouse moderne. En hiver, on recouvrait la tunique d'un long manteau et d'une casaque à capuchon, désignée sous le nom bizarre de *bardocuculle* (fig. 511).

A cet habillement, les Gaulois joignaient, en temps de guerre, un équipement dont la figure 512 donne une idée exacte. — V. aussi les mots ARME et ARMURE.

Mais si les témoignages de l'antiquité fournissent des renseignements sur le costume et la vie privée des Gaulois, nous sommes loin d'avoir autant de détails sur la toilette et la manière de vivre des Gauloises. Une chemise, une tunique large et plissée, dentelée par le bas, un tablier court et des sandales constituaient l'habillement des femmes du peuple (fig. 513). Il n'en était pas de même dans la classe aisée. Les nombreux objets recueillis dans les tumulus où les squelettes se sont assez bien conservés pour que le sexe soit reconnaissable, ont démontré que les femmes nobles partageaient la passion de leurs maris pour les bijoux. Bagues, anneaux d'oreilles, bracelets, agrafes, épingles longues à tête ciselée et décorée de corail ou d'ambre, le tout ordinairement en bronze, accompagnent généralement leurs sépultures. — V. Bague, Bijouterie, Bracelet.

Fig. 513. — *Femme gauloise.*

Pendant la période gallo-romaine, tous ceux qui n'étaient pas citoyens romains, — et c'était le plus grand nombre, — restèrent fidèles au costume celtique et perpétuèrent l'usage des braies et de la tunique étroite. Quelques figurines du IIe et du IIIe siècle montrent même la persistance du goût pour les tissus façonnés ornés de dessins, de carreaux ou de bouquets. Pline, d'ailleurs, attribue positivement aux Gaulois l'invention des étoffes à carreaux, dont l'usage s'est conservé jusqu'à nos jours dans le tartan des Gaëls écossais.

Néanmoins, l'amour du changement qui distingue encore aujourd'hui notre race ne permettait pas à la mode de rester stationnaire. La tunique collante eut une tendance continuelle à s'allonger; puis on la fendit par devant, de sorte qu'elle eut l'apparence d'une redingote sans boutons ni collet, tombant jusqu'au bas des jambes.

Ce vêtement, nommé *caracalla*, fut adopté par les Latins ainsi que les longues braies gauloises, écourtées par l'empereur Auguste. De là, l'origine de la culotte. Toutes ces fantaisies préparaient en secret la fusion des costumes. Si bien qu'à la fin les manteaux et les tuniques en usage chez les Romains, fabriqués en Gaule même, furent employés par les deux sexes.

Passons maintenant à l'époque mérovingienne (448-752) où Goths, Saxons, Burgondes et Francs mêlèrent à la population vaincue leurs lois, leur langue, leur costume. Sidoine Apollinaire nous représente les guerriers francs habillés d'un justaucorps serré qui s'arrêtait au-dessus des genoux et dont les manches courtes ne couvraient absolument que la naissance du bras. L'étoffe de ce vêtement était bariolée. Ils portaient par dessus un *sagum* ou saie de couleur verdâtre avec des bordures écarlates. Leurs cuisses et leurs jambes étaient nues. De courts brodequins lacés, en peau garnie de son poil, couvraient leurs pieds depuis les orteils jusqu'aux talons (fig. 514).

C'était là le costume des classes inférieures. Selon Grégoire de Tours, les chefs ou *clarissimes*, à l'exemple de Clovis, avaient adopté la toge romaine, ou le vêtement serré et les pelleteries qui faisaient donner aux rois francs le nom de *reges pelliti* (rois couverts de fourrures).

Comme on le voit, les princes barbares ne voulurent pas rester en arrière des patriciens romains pour le luxe de leurs habits. Il y avait des lambeaux de soie pourpre et de nombreux fils d'or dans le tombeau de Childéric, découvert à Tournay, en 1653. Sa tunique était bordée de perles; elle s'attachait à l'aide de boutons d'or et de verre coloré imitant le grenat; plus de trois cents abeilles d'or étaient suspendues à l'étoffe par des anneaux de même métal, et jonchaient sa dalmatique de soie pourpre, qu'attachait sur la poitrine une fibule d'or.

Les bijoux des femmes différaient peu de ceux des hommes. La grande épingle, trouvée sur le squelette de quelques matrones franques, et située près de la fibule du manteau, semble indiquer que quelque chose comme un fichu leur couvrait le cou et la poitrine, et cela s'accorde avec ce que le poète Fortunat dit, dans la vie de sainte Radegonde, d'une pièce de linon brodée d'or, que cette princesse ajustait sur elle en façon de guimpe, lorsqu'elle s'habillait à la mode barbare. Il est aussi question, dans Grégoire de Tours, de robes de soie; mais cet historien en parle comme de vêtements magnifiques réservés pour les solennités.

Quant à la coiffure des dames franques, elle consistait en un réseau de toile appelé *obbon*, et dans lequel étaient souvent enfermées les longues et gracieuses nattes de leurs cheveux. « Si quelqu'un, dit la *Loi salique*, a décoiffé une femme, de manière à faire tomber son obbon. il payera quinze sous. »

C'est à partir de cette époque que le luxe de la cour de Constantinople s'introduisit dans les palais barbares. Cependant, la majorité de la population conserva l'habit court, la saie et la tunique, à laquelle on avait ajouté des manches; de plus, leurs jambes et leurs cuisses autrefois nues étaient entièrement couvertes, non plus par le pantalon gaulois, mais par l'espèce de culotte courte qu'avaient vulgarisée les Romains. On y adaptait par des cordons noués sur les genoux, des espèces de fourreaux à pieds, qui étaient la même chose que nos bas.

La complète transformation du costume franc ne s'opéra qu'à l'époque de la puissance carlovingienne (752-888). Avec la seconde race, de grandes modifications avaient été apportées dans l'habillement qui distinguait encore les Francs du reste de la nation. Selon le chroniqueur Notker le Bègue, moine de l'abbaye de Saint-Gall, au IXe siècle, lequel assure avoir vu lui-même le costume dont il donne la description, « les ornements des anciens Francs, quand ils se paraient, étaient des brodequins dorés par dehors, garnis de courroies longues de trois coudées. Des bandelettes de plusieurs morceaux leur couvraient les jambes. Sous ces brodequins ils portaient des bas et des haut-de-chausses de lin d'une même couleur, mais d'un travail précieux et varié. Enfin venait une chemise d'une toile superfine. Un baudrier soutenait leur épée, qui était placée dans un fourreau de bois de

hêtre, recouvert de cuir, puis d'un morceau d'étoffe très blanche, consolidé avec de la cire (fig. 515). Le vêtement que les Francs mettaient en dernier et par dessus tous les autres était un manteau blanc ou bleu de saphir, à quatre coins, double et tellement taillé que, quand on le plaçait sur ses épaules, il tombait par devant et par derrière jusqu'aux pieds, tandis que des côtés il venait à peine aux genoux. Dans la main droite se portait une canne de pommier, droite, redoutable, remarquable par la symétrie de ses nœuds et par les ciselures de sa pomme d'or ou d'argent. » Outre la canne, ils ne sortaient pas sans avoir les mains couvertes de gants. On en avait pour l'été et pour l'hiver. A ces derniers, appelés *mouffles* et qui étaient faits de fourrure, il n'y avait pas de doigts.

Fig. 514. — *Chef de Francs.*

A propos de fourrures, on sait par la *Vie de saint Géraud* que les grands de la cour carlovingienne garnissaient leurs élégantes pelisses de peaux de loir, d'hermine, ou de rat d'Arménie. Ils découpaient et cousaient ensemble des fourrures d'hermine et de belette, pour en former ce qu'on appelait du *vair* (de *varius*, varié). Ils tiraient de la Frise des saies courtes et rayées, taillées à la mode gauloise, *vestimenta de Fresarum provincia*, dit saint Boniface dans une de ses lettres. D'autre part, si l'on en croit le moine de Saint-Gall, l'Italie leur fournissait des soieries, des tuniques chamarrées de plumes de jeunes paons, et de peaux d'oiseaux de Phénicie.

Le costume des femmes était plus éclatant encore. Les miniatures des manuscrits de cette époque nous représentent les personnes du sexe invariablement habillées de deux robes et d'un manteau posé sur la tête en manière de voile. La robe de dessus, munie de courtes et larges manches, est flottante, coupée assez souvent à mi-jambe, laissant à découvert, par conséquent, la robe de dessous qui est traînante et à manches plates. Une ceinture, dont les bouts retombent par devant, est posée plus haut que la taille. Pour les femmes riches, cette ceinture était garnie de plaques d'or et de pierreries.

Le récit d'un poète anonyme, relatif à Charlemagne et au pape Léon, donne la description d'une chasse à laquelle assistent les huit filles de Charlemagne. On y voit quel était, pendant l'automne de 790, le costume des princesses de ce temps. « La reine Luitgarde est la première; des bandelettes de pourpre s'enlacent dans ses cheveux et serrent ses tempes éblouissantes de blancheur. Des fils d'or attachent sa chlamyde ; un béryl est enchâssé dans le métal de son diadème. Son habit est de fin lin teint en pourpre, et son cou étincelle de pierreries. Rhodrude la suit, enveloppée d'un manteau que retient une agrafe d'or enrichie de pierres précieuses; des bandes d'étoffe violette se mêlent à sa blonde chevelure; sa tête est ceinte d'une couronne d'or diaprée de pierreries. Telle est aussi la coiffure de Berthe; mais ses cheveux disparaissent sous un réseau d'or, et de riches fourrures d'hermine couvrent ses épaules. Des chrysolites parsèment les feuilles d'or de ses vêtements. Gisèle porte un voile rayé de pourpre, et un manteau teint avec les étamines des mauves; l'éclat de ses yeux éclipse celui du grand Phébus. Rhodaïde vient ensuite, montée sur un cheval superbe. Une agrafe d'or, dont la tête est garnie de pierreries, ferme sa chlamyde de soie. Le manteau de

Théodrade est de couleur d'hyacinthe, rehaussée par un mélange de peaux de taupes; les perles étrangères scintillent à son beau col; elle est chaussée du cothurne de Sophocle. »

Avec la féodalité (888-1090), les invasions normandes qui semèrent pendant soixante-dix ans la désolation dans les villes en flammes et dans les campagnes dévastées n'empêchèrent pas la fusion des races et des usages (fig. 516). Il n'y eut plus dès lors ni Francs, ni Gaulois, ni Romains. Tout le monde adopta la même langue, le même état social, et il n'y eut plus en un mot que des Français. Ce fut l'époque militaire par excellence. Le seigneur féodal, soldat de profession, et les chevaliers fixèrent l'équipement chevaleresque du x^e^ au xi^e^ siècle,

Fig. 515. — *Soldats sous Charlemagne.*

dont la tapisserie de Bayeux offre les plus anciennes représentations figurées ayant un caractère authentique. — V. Armure.

Quant aux armées des premières croisades, leur belle tenue charmait les yeux. Albert d'Aix rapporte que les bannières étaient de pourpre ou de drap d'or; les boucliers et les lances resplendissaient de vert, de rouge, et d'autres couleurs éclatantes. Suivant saint Bernard, de riches baudriers, retenus par des agrafes d'or, suspendaient les fourreaux d'or des épées, qui étaient elles-mêmes dorées.

C'est seulement à partir du x^e^ siècle que l'on cessa d'aller tête nue dans les armées. Du temps du roi Robert, les soldats faisaient usage de bonnets élevés en peau d'ourson. Les miniatures du temps représentent de ces bonnets, les uns faits comme des heaumes, les autres en forme de mortiers surmontés d'une pointe. Dans le cours du xi^e^ siècle parurent les bonnets proprement dits, coiffure de laine feutrée, ayant la forme de béret ou de calotte, comme on le voit par la plupart des personnages de la tapisserie de Bayeux.

Quant au reste du costume, quoiqu'il ne fût pas des plus somptueux, il se composait de tout ce que l'on connaissait de plus beau en ce temps-là. Des deux tuniques dont le corps était revêtu, celle de dessous s'appelait *chainse*, forme masculine de chemise, et celle de dessous *bliaud*, qui correspond à notre mot *blouse*. Le chainse était ordinairement de toile blanche; le bliaud de laine ou de soie, quelquefois brodée.

Non seulement les chausses s'attachaient avec des jarretières de couleur différente, dont on laissait pendre les bouts, mais les seigneurs opulents portaient des pelisses et des manteaux ornés de franges et de garnitures d'or, qu'ils recouvraient de pelleteries. L'hermine, la martre, le petit-gris ou dos de l'écureuil du Nord, le menu-vair, fourni par le ventre du même animal, étaient les fourrures les plus recherchées.

Fig. 516. — *Soldat normand.*

Un chroniqueur du xi^e^ siècle, Raoul Glaber, parle d'une révolution qui s'accomplit dans le costume de son temps par l'arrivée des méridionaux qui accompagnaient la reine Constance, seconde femme de Robert-le-Pieux. « On vit alors arriver de l'Auvergne et de l'Aquitaine, les hommes les plus vains du monde. Leurs mœurs et leurs vêtements étaient également bizarres; leurs armes et leurs équipages en désordre; ils avaient la moitié de la tête rasée; semblables à des histrions, ils portaient le menton ras; leurs chaussures et leurs bottes étaient de forme inconvenante. Ces modes détestables ne tardèrent pas à être adoptées par toute la nation française. » Il est probable que ces chaussures de forme extraordinaire et inconvenante, dont se plaint Raoul Glaber, ressemblaient aux souliers à poulaine qui furent de mode trois siècles plus tard.

Les deux robes qui composèrent, comme par le passé, l'habillement des femmes, portèrent aussi les noms de *chainse* et de *bliaud*. Le bliaud féminin descendait jusque sur les pieds et était taillé de façon à former quelques gros plis sur les côtés, tandis qu'il bridait sur le ventre

et sur les reins. Vers 1050, les demi-manches furent remplacées par des manches entières terminées vers le poignet par une vaste ouverture en entonnoir. Le manteau affublé en guise de voile était également passé de mode. On le portait généralement attaché sur le milieu de la poitrine par une broche à large plaque.

Vers l'an 1100, un changement radical eut lieu dans l'habillement des hommes. De court qu'il avait été pendant 600 ans et plus, il devint long. Suivant Orderic Vital, l'auteur de ce changement, réprouvé par l'église comme un symbole de relâchement, serait Robert, duc de Normandie, lequel, au dire de ce chroniqueur, souffrit que ses sujets affectassent la mise des femmes. Le manteau suivit la loi du reste de l'habillement. On fabriqua des fermaux ou broches de grande dimension, en or émaillé, pour les attacher, et la fabrication des tissus métalliques employés dans l'armement fut porté à sa perfection (fig. 517).

Fig. 517. — Guerriers du XII^e siècle.

Les relations directes de l'Europe avec l'Asie, par suite des croisades, firent affluer les fourrures précieuses d'Arménie et de Sibérie, si rares auparavant. On ne se bornait plus à porter la dépouille des bêtes en pelissons; on en fourrait les manteaux, on en bordait le bas, les manches et l'encolure des tuniques. La couleur naturelle des peaux fut déguisée par divers artifices. On moucheta l'hermine en disposant symétriquement sur la fourrure la houppe de poils noirs qui est au bout de la queue de l'animal; les peaux à poil blanc furent teintes en couleur, particulièrement en rouge. Saint Bernard a exprimé son indignation au sujet des manchettes de fourrure vermeille qu'il voyait aux poignets des prêtres.

La chaussure du XII^e siècle souleva la réprobation des moralistes à cause des pointes par lesquelles elle se terminait (V. CHAUSSURE). Mais l'église épuisa ses foudres contre les chevelures et les barbes (V. COIFFURE). L'hiver, on avait des bonnets dont la forme fut absolument celle des bonnets phrygiens. Ils avaient la pointe rabattue sur le devant, des pattes sur les côtés, et un appendice qui voltigeait derrière la nuque. On fit ensuite, à l'usage des deux sexes et sous le nom de *coiffes*, d'autres bonnets en toile. Puis les chapeaux en poil de chameau et de toute sorte de feutres parurent dans les dernières années du règne de Louis VII. Enfin le chaperon, qui devait primer toutes les autres coiffures au siècle suivant, fit son entrée dans le monde en 1183.

Quant au costume des femmes, celui du XII^e siècle est le plus majestueux qu'ait eu le moyen âge. Le chainse, entièrement couvert par le bliaud, n'apparaissait qu'aux manches, et par une broderie dont il était décoré à l'encolure. Le bliaud, étroit comme celui des hommes, était beaucoup plus long, car il couvrait les pieds par devant, et se terminait souvent par derrière en une queue traînante. Une tunique, du nom de *pelisson*, qui était bordée de fourrure, prenait place quelquefois entre la chemise et le bliaud. Celui-ci était bordé de garnitures appelées *frézeaux* ou de galons nommés *orfrois*, c'est-à-dire en fil d'or travaillé. Une pareille recherche explique les remontrances de saint Bernard, qui, dans ses sermons en langue vulgaire, s'élève à deux reprises contre le luxe des robes.

Le XIII^e siècle, qui est le plus brillant du moyen âge, donna une grande extension au luxe surtout au luxe des vêtements, lequel envahit toutes les classes. Nicolas de Brey en donne un exemple dans son tableau de Paris au sacre de Louis VIII : « *C'est un plaisir de voir les broderies d'or et* les habits de soie vermeille étinceler sur les places, dans les rues, dans les carrefours. La vieillesse, l'âge mûr, la pétulante jeunesse plient également sous le poids de la pourpre. Les serviteurs et les servantes s'abandonnent à la joie d'être chargés d'oripeaux et oublient leur état de domesticité en voyant les splendides étoffes qu'ils étalent sur eux. Ceux qui n'avaient pas d'habits dignes de figurer à pareille fête, *s'en sont procuré de louage.* »

L'étoffe dominante à cette époque était le drap, soit écarlate, soit vert, ou mélangé de plusieurs couleurs. Mais les gens riches préféraient les soieries fabriquées à Gênes, à Florence, ou à Paris; d'autres choisissaient le *camelot*, mélange de soie et de cachemire, ou bien encore le velours connu sous les noms de *velloux*, *veluel*, *veluiau*. Quant aux fourrures, leur vogue ne fit que s'accroître. Une ordonnance du roi Philippe-le-Bel, de l'an 1294, mentionne des robes fourrées d'*hermine* pour les dames, et des robes fourrées de *chat* pour les bourgeoises.

C'est alors qu'on vit apparaître la *chemise* (V. ce mot), la chemise dans le sens où nous l'entendons, pièce fondamentale en toile de fil, que toute personne aisée voulut porter sur la peau. Ce ci-devant chainse eut pour équivalent une première robe ordinairement de laine, appelée *cotte*. Le *surcot* remplaça le bliaud et désignait la robe de dessus.

Le surcot des femmes descendait jusque sur les pieds et flottait sur la poitrine; il était retenu à la taille par une lanière à laquelle se trouvait suspendue, tantôt à droite, tantôt à gauche, une aumônière, joli sachet brodé et orné de glands. Mais de même que le surcot avait fait place au manteau ou chape, la cotte se vit remplacée par une espèce de cotte ajustée appelée *sorquanie*, et qui dessinait admirablement les contours du buste.

Les chevelures féminines étaient toujours très élégantes. On les couvrait de couronnes tressées par les *chapeliers de fleurs*, qui fabriquaient leurs coiffures avec des fleurs naturelles. Les chapeaux, proprement dits, consistaient, pour les femmes, en une forme basse ou mortier, qu'on recouvrait de velours, de satin, de taffetas, avec broderies de perles ou de ganse

d'or. Le chapeau eut pour accompagnement ordinaire une bande de linon, qui se posait en premier lieu sur la chevelure. Cette bande, descendant le long des joues, passait sous le menton comme une marmotte.

Les chapeaux tombèrent en 1280. Les cheveux, arrangés en grosses touffes couvrant les oreilles, furent enfermés dans une coiffe de soie recouverte d'une résille. Pour se garantir la tête par les mauvais temps, les femmes

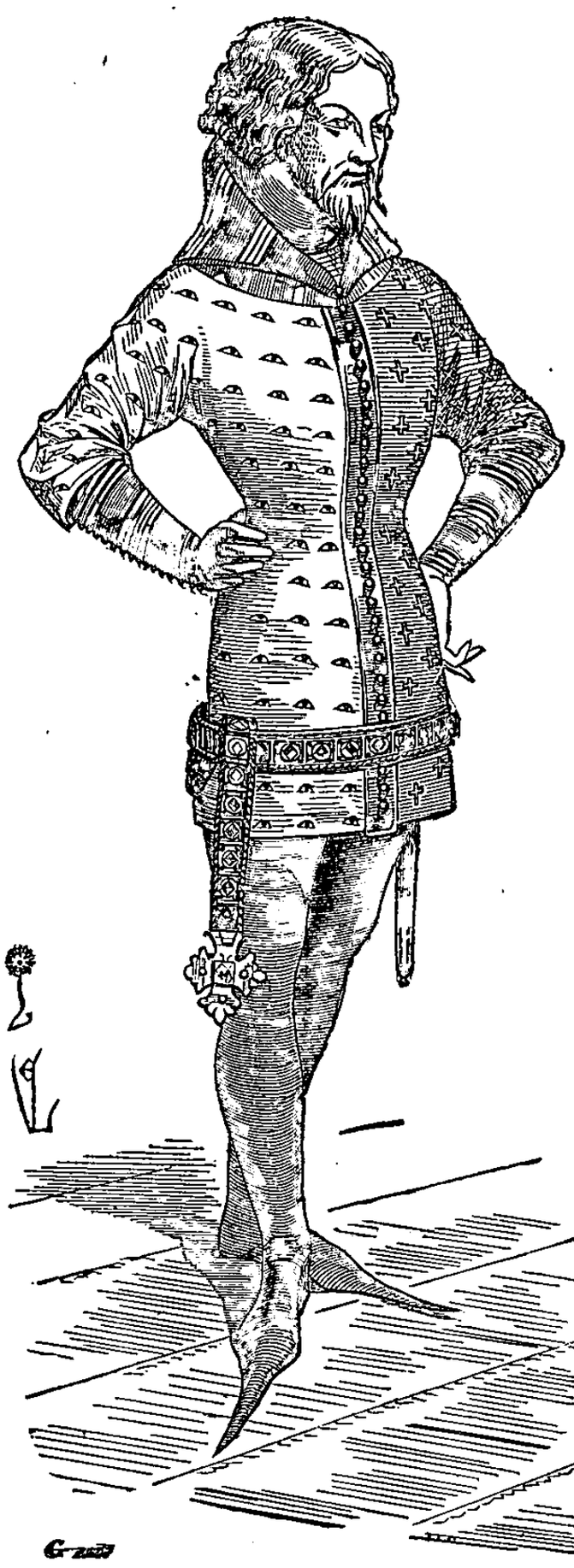


Fig. 518. — *Gentilhomme revêtu de la jaquette. vers 1360.*

se servaient d'aumusses et de chaperons. Quant aux hommes, ils portèrent le chaperon, coiffure devenue commune aux deux sexes, d'abord sous le chapeau, ensuite sans chapeau. Les chapeaux en feutre de laine, de poil ou de coton, remplacèrent peu à peu les bonnets de forme phrygienne, disparus après 1250 et avaient des bords saillants ou relevés contre la forme. Au lieu d'être plats par dessus, comme ceux des femmes, ils se terminaient au sommet par une petite excroissance en forme de dard. Le premier signe distinctif qui ait été imposé aux Juifs fut un chapeau pointu. Les chapeaux d'hiver étaient garnis de fourrure. Les chevaliers et les « haus hommes, » c'est-à-dire les gens riches et d'un rang élevé, eurent des chapeaux d'un grand prix, appelés *chapeaux de paon*, parce qu'ils étaient extérieurement recouverts de plumes de paon.

Nous ne dirons rien des braies ou chausses, qu'on ne voyait pas à cause de la longueur des robes, sinon qu'elles étaient fixées sur les hanches par une coulisse à cordon, appelée *brayer*. « Porter le brayer », se disait déjà des femmes maîtresses au logis. C'est un statut de l'église de Saint-Flour qui l'atteste. Enfin, après avoir été tour à tour bariolées, vergées et échiquetées, les chausses de couleurs voyantes cédèrent la place aux chausses noires, dans lesquelles résidait le suprême bon ton. A la fin du règne de Philippe-le-Bel et sous ses fils, tout le monde avait des chausses noirès.

Le costume dont nous venons de retracer l'histoire, inauguré par Philippe-Auguste, changea subitement, d'une manière radicale, vers 1340, au milieu du règne de Philippe de Valois. L'habillement par lequel il fut remplacé fit irruption simultanément en Italie, en France, en Angleterre. Aux longues tuniques fut substituée, sous le nom de *jaquet* ou *jaquette*, une étroite camisole qui n'atteignait pas les genoux (fig. 518). L'habit de dessus fut un *pourpoint*, justaucorps rembourré qui avait son ouverture sur les côtés. Les chausses, mises à découvert dans presque toute leur longueur, allèrent s'attacher aux braies, vers le haut des cuisses. La chemise, écourtée en proportion du reste, devint d'un usage universel. Quant aux manteaux, ils étaient quelquefois d'une richesse extraordinaire. Les plus simples étaient fendus sur le côté ou sur le devant. Dans ce dernier cas, ils portaient le nom de *cloche* et étaient surtout à l'usage des cavaliers.

Tandis que le corps était ainsi emprisonné dans les plus étroits vêtements qu'on eût jamais vus, la coiffure prit, au contraire, une ampleur excessive. On eut d'immenses chaperons dont la cornette fut allongée au point de tomber plus bas que le dos et d'aller battre les jambes. C'était un parti pris de rompre avec les habitudes du passé. Les cheveux eux-mêmes furent coupés et les moustaches taillées en pointe.

Une partie de la nation, le roi en tête, résista aux attraits de la jaquette. Dès lors les citoyens furent distingués en *gens de robe courte* et *gens de robe longue*. Mais la nouvelle mode persista; elle entra dans les habitudes comme étant propre à l'action d'une génération que les événements tenaient toujours en alerte.

Un trait caractéristique du vêtement de ce temps-là est la prédominance de la soie sur le drap; mais le velours et la soie brochée ont de beaucoup la préférence. Les perles firent aussi fureur. Malgré les souffrances qui suivirent, on en mit bientôt aux ceintures, aux chaperons, aux broderies des habits et jusqu'aux souliers. Une autre nouveauté fut celle des chaussures armées d'une pointe interminable en baleine, et à l'appendice desquelles on donna pour la première fois le nom de *poulaine*. — V. Chaussure.

Le costume militaire se modifia également de la même manière. Un habillement qui se moulait sur le corps changea dès lors la physionomie des armées. Aux doubles plaques montées sur charnières ou simplement bouclées au moyen de courroies, au maillot chevaleresque, succédèrent les pièces de l'armure complète, sortes de boîtes où la totalité des membres se trouvait enfermée. Notre figure 519 représente un chevalier de cette époque, d'après un manuscrit d'environ 1360. Ce qui le distingue, c'est la cotte d'armes par-dessus le haubert. La ceinture, auparavant, se portait diagonalement du sommet de la hanche droite au bas de la hanche gauche; mais, à partir de 1350, elle sert de bordure à la cotte avec deux anneaux fixés à droite et à gauche, pour la dague et l'épée. Quant au bassinet posé par-dessus le *camail* (V. ce mot),

il a remplacé le heaume; il est plus léger et mieux approprié aux combats.

Quoique notre gravure donne la représentation d'un casque absolument nu, il ne faut pas oublier que les plumes d'autruche étaient depuis longtemps un ornement militaire et jouaient dans le costume un rôle éclatant. La *Chronique de Saint-Denis* en fournit une preuve. Après la désastreuse bataille de Poitiers (1356), le peuple accueillit fort mal tous les seigneurs et les chevaliers qui revenaient chez eux après la défaite. « Les voilà, disait-il, ces beaux fils, qui aiment mieux porter perles et pierreries sur leurs chaperons, riches orfèvreries à leurs ceintures et plumes d'autruche au chapeau, que glaives et lances au poing. »

A partir du XIII^e^ siècle, on avait vu les robes des dames fendues et échancrées depuis les épaules jusque dessous

Fig. 519. — *Chevalier coiffé du bassinet (XIV^e^ siècle).*

les hanches. Par la suite, sous les trois premiers Valois, le corsage fut amené à n'être plus qu'un collier d'étoffe que deux bandes verticales rattachaient à une vaste jupe. De cette façon, on mettait en exposition son buste et ses bras, car la cotte était ajustée et serrée dessous, de manière à dessiner toutes les formes. On imagina alors de couvrir la poitrine et le dos au moyen d'une mante, ordinairement en pelleterie. Cet habillement, à la fois élégant et majestueux, se maintint pendant plus de deux siècles comme costume de cour.

La coiffure, le plus souvent en cheveux, se composait soit d'une voilette empesée qui entourait le crâne et retombait tout autour en plis gracieux, soit d'un chaperon ou d'une coiffe à crépine accommodée avec des diadèmes de perles ou de cercles d'orfèvrerie, appelés alors *fronteaux*. Au milieu du règne de Charles V, parut une nouveauté. Autour de la coiffe on mit des bourrelets, que l'on arrangeait sur le devant, de manière à figurer des cœurs, des trèfles, des cornes montantes ou rabattues, etc. On appelait cela des *atours*. — V. COIFFURE.

Avec le règne de Charles VI, pendant lequel l'habillement des hommes fut à la fois court et long, on garda le justaucorps du siècle précédent, mais on adopta comme pardessus la *houppelande*, sorte de robe de chambre à corsage fermé et collet montant, qui se serrait par une ceinture au-dessus de la taille. Elle était flottante et traînante par sa jupe et ses manches qui balayaient le sol. D'après une pastorale en vers de Froissard, écrite en 1385, ce vêtement était bon l'été et l'hiver; on pouvait s'y envelopper, et son succès fit tourner la tête à des gens de la campagne.

Courtes pour aller au bal, un peu plus longues pour aller à cheval ou à la chasse, les houppelandes restèrent longues pour les réceptions et la promenade. On les faisait de drap de laine, de soie, de velours uni ou de velours à fleurs; on les découpait, on les déchiquetait sur les faces, on les couvrait d'ouvrages de broderie et d'appliques sur le tissu, particulièrement aux manches. Non seulement on imagina des décorations de perles excessivement coûteuses, mais on alla jusqu'à broder des vers accompagnés de musique, comme ceux de la chanson commençant par ces mots : « *Ma Dame je suis plus joyeulx*, » que l'on voyait, en 1414, sur les manches d'une houppelande appartenant à Charles d'Orléans, et pour laquelle on avait employé 960 perles coûtant 276 livres.

A cette époque, les bijoux furent d'une variété sans pareille. — V. BIJOUTERIE, CHAÎNE D'ORNEMENT.

D'autre part, les chapeaux qui se feutraient en castor, en lièvre, en laine, etc., et consistaient en beaux grands chapeaux à roues, ornés de rubans et de plumes, les chapeaux, disons-nous, cédèrent la place aux calottes de forme ronde, ornées de fourrure et de velours. La barrette était un haut bonnet de velours ou de drap noir, qui s'en allait généralement en pointe, comme celle de presque tous les portraits de Jean-sans-Peur.

Quant au chaperon, il devint un signe de ralliement pendant la guerre civile. En 1411, les cabochiens firent prendre au peuple de Paris des chaperons bleus. Mais deux ans après, la coalition qui se forma contre eux mit en faveur les chaperons blancs, lesquels restèrent la coiffure politique des Bourguignons, qui portaient la cornette à droite, et des Armagnacs, qui la portaient à gauche.

En ce temps-là, où le costume féminin avait une grande conformité avec celui des hommes, les dames faisaient usage de bottes, mettaient des gants de peau de chamois et de peau de chien, se coiffaient de chaperons ou de chapeaux de fourrure et s'habillaient, pour la plupart, en houppelandes. La façon de ce vêtement différait pour elles en ce qu'il n'était pas fendu sur le devant. Elles portaient par dessus une ceinture très large faite de soie tressée, ou d'un réseau de fil d'argent.

Le chapeau était la coiffure de négligé. En toilette, il fallait avoir des atours en largeur, tantôt de la forme d'un auvent, tantôt de celle d'une paire de cornes abattues. Des *truffeaux*, ou gros sachets sur les tempes, des bandeaux encore plus proéminents que l'on faisait passer sous les oreilles, servaient de support à l'édifice, qui recevait en outre le couronnement d'un couvre-chef ou d'un chaperon. — V. COIFFURE.

La pelleterie était aussi singulièrement prodiguée : il ne fallait pas moins de 5,640 ventres de menu-vair, fourrure composée de poils gris, bleuâtres et blancs, pour fourrer les robes des sept chambellans du duc de Normandie. Il y avait, d'ailleurs, des fourrures d'hiver et des fourrures d'été. Le compte des dépenses de l'hôtel du roi Charles VI mentionne, au chapitre *pelleteries*, des livrées de vêtements fourrés pour les quatre saisons. Enfin, selon les Comptes de l'argenterie de la reine, dans Jean Chartier, 1,500 ventres de menu-vair furent employés à la fourrure des deux robes qu'Isabelle de Ba-

vière portait à la cérémonie du mariage d'Henri V d'Angleterre avec Catherine de France, sa fille.

Mais rien ne distingua la toilette de cette époque autant que le luxe des pierreries et surtout des diamants (V. Diamant). Rien que sur la coiffe qui soutenait la couronne d'Isabelle de Bavière, le jour de son sacre, on en comptait 93, associés à des saphirs, à des rubis et à des perles.

Sous le règne de Charles VII, malgré la grande désolation du pays, occupé en partie par les Anglais, la mode capricieuse et insouciante suivit son cours. Le luxe se fit remarquer surtout dans les camps, en dépit de la misère publique.

Les chroniqueurs du temps ne tarissent pas, lorsqu'ils racontent les entrées triomphales des troupes dans les villes, sur la somptuosité de l'habillement des hommes et

Fig. 520. — *Paysanne portant la cotte bordée par le bas (1460 environ).*

des chevaux. Ce genre de spectacle était dans le goût de l'époque. Jeanne d'Arc, dit-on, partagea le faible de son siècle à l'égard des beaux costumes militaires. Lorsque la nouvelle de sa captivité parvint à Charles VII, d'éminents personnages osèrent dire qu'elle n'avait que ce qu'elle méritait, parce qu'elle était devenue « orgueilleuse en habits ». Ce ne fut que plus tard, lorsque Charles VII, se sentant enfin assez fort pour recruter sur le sol même une armée régulière, que l'or, la soie, les panaches restèrent l'apanage de la noblesse, lorsqu'elle était appelée au service.

Le costume civil ne le cédait en rien au costume militaire. On s'étudiait alors à imiter le luxe de la cour fastueuse de Bourgogne, où la suprême élégance consistait à se montrer chaque jour avec un costume nouveau. C'est ce qu'un poète du temps, Guillaume de Machault, appelle *variance en habits*. Quoi qu'il en soit de ces excentricités, considéré en lui-même, le costume masculin du temps de Charles VII ne fut ni compliqué, ni très coûteux. Il se bornait à une chemise, à un gilet à manches appelé tantôt *pourpoint*, tantôt *gipon*, une robe courte ou une jaquette très courte pour habit de dessus. C'était d'une simplicité extrême. Les pardessus furent de petits manteaux, ou de courts paletots, ou des robes larges sans couture et ouvertes par devant. L'habitude des fourrures n'existait plus que dans les grandes maisons.

Quant aux chapeaux, les miniatures du milieu du xv^e^ siècle montrent que les hommes de cette époque en portaient déjà à haute forme; les uns pointus, d'une excessive hauteur, presque sans bords; les autres, cylindriques; d'autres ronds, avec des bords tantôt retroussés, tantôt abattus.

Si Charles VII n'avait aucun goût pour les modes, il

Fig. 521. — *Dame de condition en costume de ville Louis XII.*

n'en était pas de même de sa maîtresse, Agnès Sorel. Le chroniqueur Georges Chastellain, qui vit de près la cour de France, décrit le faste que la belle favorite affectait dans sa toilette et stigmatise les modes inconvenantes dont elle donnait le ton aux *prudes femmes*, « car se descouvroit les espaules et le sein par devant, jusqu'au *milieu de la poitrine.* »

Dès lors, la houppelande et la robe de dessous s'ouvrirent en pointe sur la poitrine et reçurent, à la place de leurs manches traînantes, des manches aisées qui s'étendaient sur toute la longueur du bras. Les larges atours de la reine Isabelle firent place également aux atours en hauteur. Les hennins étaient de ce genre. On n'est pas fixé sur leur forme exacte. — V. Coiffure.

Si de la coiffure nous passons à la pièce principale de

l'habillement féminin, c'est-à-dire à la robe, on verra que celle-ci fut collante aux manches et au corsage, de plus en plus ouverte par devant, avec revers rabattu sur les épaules. La poitrine était couverte à l'échancrure par un pan de velours ou de drap brodé, sur lequel s'ajustait un léger fichu de gaze appelé *gorgerette*. La ceinture, posée sous les reins et bouclée derrière, avait la largeur de la main. La jupe bridait sur le ventre, mais par derrière elle avait une ampleur et une longueur extrêmes. Elle était bordée, en bas, d'une bande de velours ou de pelleterie blanche, dont la largeur, ainsi que la longueur de la queue, se mesurait à la qualité des personnes. Cette

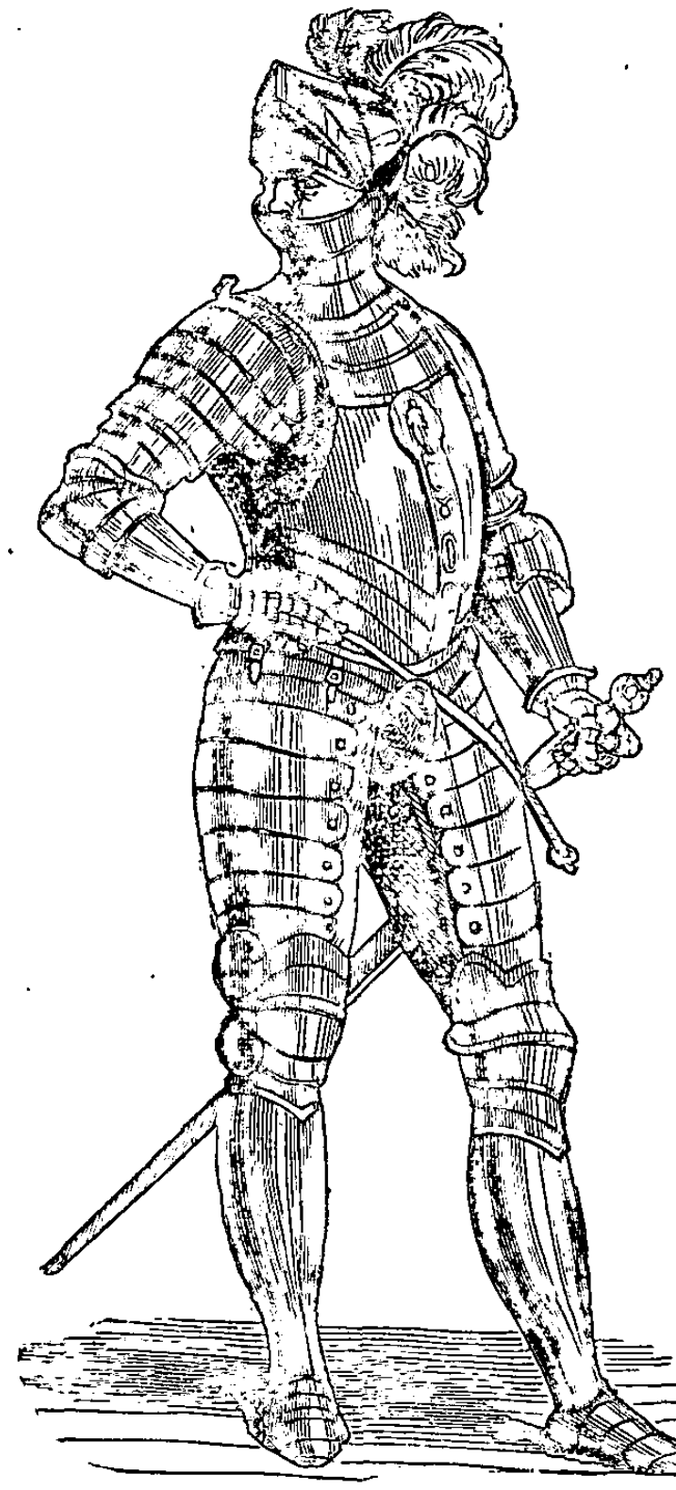


Fig. 522. — *Cavalier de pied en cap, époque de François Ier.*

dernière mode paraît s'être répandue jusque dans les campagnes, où de simples paysannes relevaient leur jupe de dessus pour découvrir une cotte bordée par le bas et sur le côté de laquelle était suspendue l'aumônière (fig. 520).

Disons maintenant quelques mots relatifs au costume de deuil. Quoique l'usage l'eût déjà consacré depuis un certain temps, on ne le voit représenté sur les monuments qu'à partir du XVe siècle. Il serait difficile d'en préciser l'origine. Notons toutefois qu'un auteur du XIIe siècle, Baudry, abbé de Bourgueil, a signalé comme une chose étrange de la part des Espagnols, qu'ils s'habillassent de noir à la mort des personnes qui leur avaient été chères; par conséquent, l'usage en France était alors différent. Le roman de *Raoul de Cambrai* nous montre, en effet, une femme assistant aux funérailles de son fiancé, parée de ses plus riches vêtements. Le premier deuil dont la mention soit connue est celui que prit la cour d'Angleterre à la mort de notre roi Jean. Ajoutons que le deuil était plus rigoureux pour les femmes que pour les hommes. La statue funéraire de Michelle de Vitry, veuve de Jean Jouvenel des Ursins, morte en 1456, et conservée au musée de Versailles, donne une idée de ce costume. Les reines de France avaient seules le privilège de porter leur long deuil en blanc. De là le nom de *reine blanche* donné vulgairement à toutes les reines douairières.

Le roi Louis XI montra d'abord une grande aversion pour la toilette. Suivant un écrivain contemporain,

Fig. 523. — *Arquebusier, époque de François Ier.*

Claude de Seyssel, le véritable motif de la guerre qu'il fit au luxe fut d'arrêter, par son propre exemple, un genre de dépenses dont souffraient les finances du pays, ruiné totalement par les dernières guerres avec les Anglais. Il est bon de dire que le roi revint plus tard à des goûts plus recherchés. Son historien, Philippe de Commines, l'a dépeint, dans sa retraite de Plessis-lès-Tours, encourageant chez ses sujets les riches toilettes par ses libéralités, et demandant à un éclat d'emprunt le moyen d'en imposer à l'opinion.

Mais la simplicité était devenue de mode et le contraste de la France royale et de la France bourguignonne n'en était que plus grand. En effet, le pays, gouverné alors par le fastueux Philippe-le-Bon, se livrait à toutes les jouissances d'un luxe effréné, et les Bourguignons se plaisaient à porter ce qu'ils pouvaient imaginer de plus nouveau en fait de costume.

Le chroniqueur Jacques Duclerc (année 1467) rapporte à ce sujet que les hommes « faisoient fendre les manches de leurs robes et de leurs pourpoints, de telle sorte qu'on voyoit leurs bras à travers une déliée chemise qu'ils portoient, laquelle chemise avoit la manche large. »

Le principal objet des fentes en question était de faire pénétrer le regard jusqu'à la chemise, généralement en fine toile de Hollande, et dont la perfection provenait du tissu d'une finesse et d'une blancheur merveilleuses. Le prix élevé de ces toiles assura leur succès comme objet de toilette parmi les classes riches. Le linge, d'abord exhibé aux bras, le fut plus tard à la taille, sur l'estomac, aux épaules, aux cuisses mêmes, par le nombre toujours croissant des taillades.

La barette de Jean-sans-Peur ressuscita dans des bonnets, qui s'élevaient à 45 centimètres au-dessus du front. Les hauts bonnets eurent leur plus grande vogue sous Louis XI.

On fit ensuite de hauts chapeaux pointus, à l'imitation des bonnets ; les uns avec un large rebord garni de fourrure, les autres, comme celui de Louis XI, qui ressemblait à nos chapeaux mous. Enfin la toque fit son apparition comme coiffure de la jeunesse.

Les chaussures à poulaines, si florissantes encore

Fig. 524 à 527. — *Gentilshommes sous Charles IX (1572).*

en 1467, cédèrent la place, vers 1480, aux souliers arrondis du bout et terminés en raquette, que les satiriques comparaient à des becs de canards (V. Chaussure). Ce qui arriva pour les poulaines eut lieu également pour les chausses. Selon le statut des chaussetiers de Poitiers, en 1472, il y avait alors des chausses à *braye* ou à *loquets*. C'est la plus ancienne mention qui existe de la mode inconvenante de la braguette (espèce de petit sac attaché à l'aide de cordons et d'aiguillettes), sur laquelle s'est si grivoisement égayé Rabelais, et que les tableaux des plus grands maîtres ont immortalisée. Par la suite, cette addition de vêtement nécessaire fut abandonnée, mais on laissa le nom de *braguette* ou *brayette* au haut-de-chausses ou seulement à la fente de devant.

Jusque sous le règne de Charles VIII, l'habit court de dessus porta les noms particuliers de *jaquette* et *paletot*.

Autant les troupes du fastueux fils de Philippe-le-Bon déployaient de magnificence, autant les compagnies françaises affectaient de simplicité. L'armée de Louis XI, en effet, ne fut jamais habillée que de fer et de laine. Il y avait loin alors des premiers Suisses à la solde de la France, des soldats empanachés, surchargés de pompons et de bouffettes, que l'on voit dans les tableaux du XVI^e^ siècle.

La toilette féminine offrait un contraste encore plus grand que celui des gens de guerre. A la cour de Bourgogne, la femme de Philippe-le-Bon, qui était d'origine portugaise, mit en honneur les modes de son pays ; dans les villes, au contraire, les dames adoptèrent le costume des bourgeoises de Gand, de Bruges, de Lille. On vit alors des robes sans queue, des manches larges assujetties aux poignets, d'autres manches courtes qui laissaient voir les bras en chemise, des corsages montants et tailladés sur la poitrine, toutes les bizarreries imaginables sous les noms d'atours et de chapeaux, des bijoux à profusion.

En France, sous Louis XI, le beau sexe conserva à peu près le costume du temps de Charles VII. Les corsages et les manches continuèrent d'être serrés et de faire ressortir toutes les formes du buste. Seulement, à l'échancrure qui était pratiquée sur la poitrine, s'en joignit une seconde dans le dos. La gorgerette de gaze, maintenue autour de l'encolure ainsi découpée, changea son nom en celui de *gorgias*. « Par détestable vanité, dit un cordelier de l'époque dans une diatribe contre le costume des femmes, elles font faire leurs robes si basses à la poitrine et si ouvertes sur les épaules, qu'on voit bien avant dans leur dos; et si étroites par le faux du corps qu'à peine peuvent-elles respirer; et souventes fois grand douleur y souffrent pour faire le gent corps menu. » — V. Corset.

Avec les règnes de Charles VIII et de Louis XII (1483-1515) commence l'ère moderne de l'habillement; non seulement on découvre par places le vêtement de dessous pour être plus à l'aise, mais on essaye de concilier l'économie avec l'effet. Naguère l'envers des habits était garni d'étoffes coûteuses, uniquement pour satisfaire la passion du luxe de ceux qui les portaient. Maintenant la doublure des vêtements les plus riches se trouve réduite à l'étendue nécessaire pour l'apparence. Les élégants

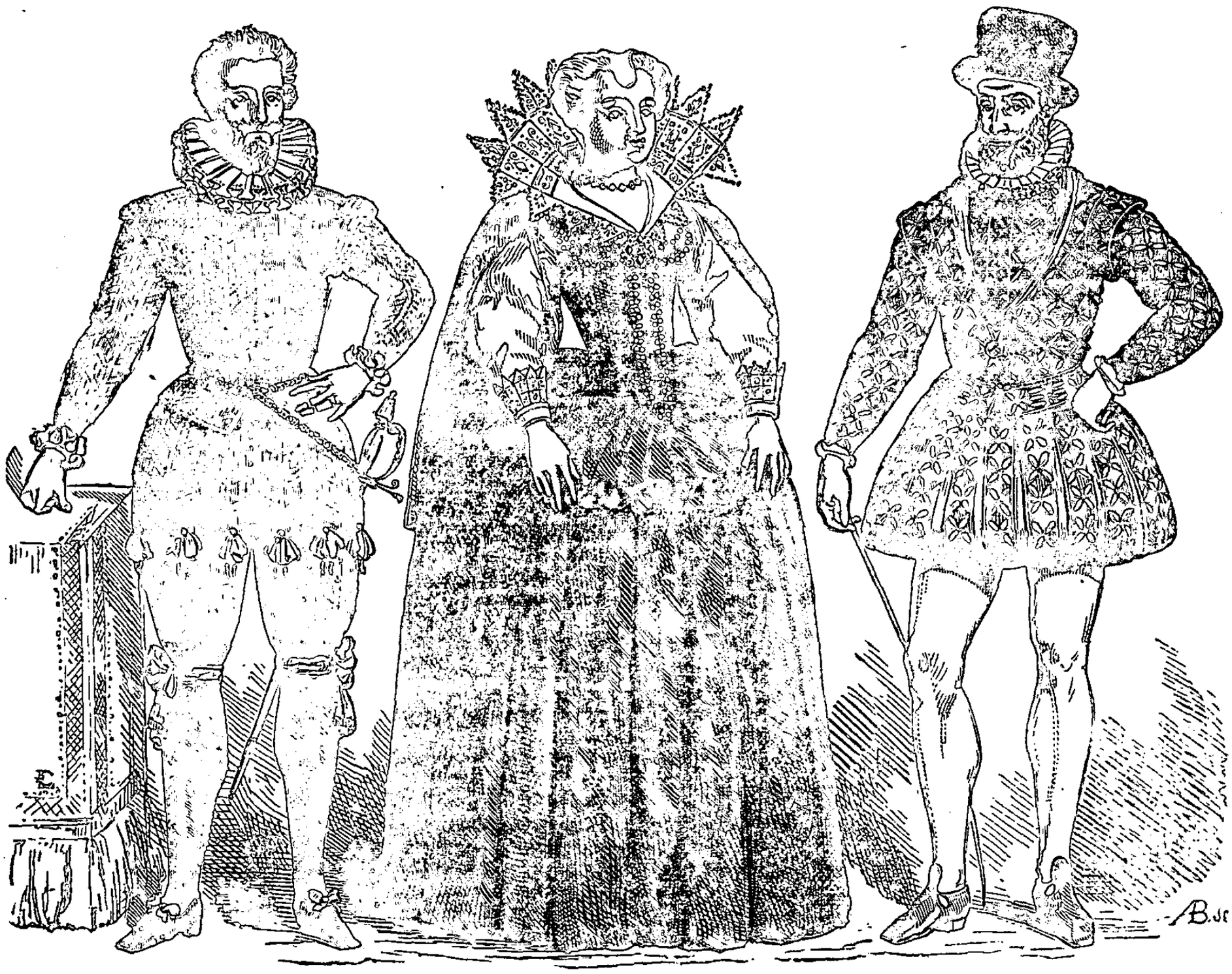


Fig. 528. — *Antoine de St-Chamand, avant 1600.*

Fig. 529. — *Dame inconnue, avant 1600.*

Fig. 530. — *Henri IV, avant 1600.*

seuls mettaient quelque recherche à faire parade de linge de corps bien blanc. D'autres, moins riches, faisaient apparaître à la fente de leur pourpoint un fin mouchoir que l'on prenait pour leur chemise :

Mais la chemise elle est souvent
Grosse comme un sac de moulin.

dit le satirique Guillaume Coquillart.

Il n'en est pas moins vrai que tout ce qu'on avait retiré au-dessous des vêtements, considéré comme inutile, puisqu'on ne le voyait pas, fut mis dessus, et l'excès de dépense en habits recommença comme par le passé. C'est au point que, par une ordonnance du 17 décembre 1485, l'usage des draps d'or et de soie fut absolument défendu; les soieries n'étaient permises qu'aux nobles et le velours qu'aux écuyers. Les habitudes de faste contractées pendant l'expédition de Naples firent oublier l'ordonnance de 1485.

Au début du règne de Charles VIII, on était las de l'excessive exiguité des vêtements mise en faveur par Louis XI. Les hommes voulurent des habits plus longs, les femmes de moins étroits. De là une foule de nouveautés consacrées bientôt par la mode. Olivier de la Marche, dans son *Parement des Dames d'honneur* (1488), en donne une idée. L'auteur commence par demander quel présent il fera à celle qui occupe sa pensée, et il gratifie sa dame de *pantoufles* ou mules légères de velours noir ou en satin de même couleur, doublée de rouge; des souliers de cuir pour mettre par dessus les pantoufles; des *chausses* ou bas, du plus fin drap noir; d'un *jarretier* ou paire de jarretières, figurées par des rubans bleu de ciel brodés d'or; d'une chemise de fine toile de lin, à manches longues jusqu'aux poignets; d'une cotte ou robe de dessous en damas blanc, avec des manches étroites, ouverte sur le devant jusqu'au milieu du corps

par une échancrure en forme de guitare et balayant la terre de sa queue; et enfin d'une robe de dessus en drap d'or à grands ramages qui s'enlèvent sur fond cramoisi, à corsage plat et ajusté, taillée carrément et très ouverte à l'encolure, de manière à laisser voir la gorgerette, et aux manches d'une ouverture extrêmement large avec un parement retroussé fourré d'hermine (fig. 521).

Tel fut l'habillement des dames françaises à la fin du XVe siècle et pendant les premières années du XVIe. C'est celui avec lequel la reine Anne de Bretagne est représentée dans le fameux manuscrit de ses *Heures*. Néanmoins plus d'un détail de toilette fut emprunté aux modes milanaises, génoises et flamandes.

Les *nouveautés les plus saillantes du costume* des hommes, pendant la minorité de Charles VIII, furent les robes et les chapeaux. Les robes étaient traînantes, ouvertes sur le devant, largement rabattues sur les épaules. Par là le pourpoint était mis à découvert sur presque toute l'étendue de la poitrine. Les chapeaux eurent l'apparence de vastes casquettes à bords relevés. Un plumet était couché sur le devant.

Pendant le règne de Louis XII, la robe fut longue ou courte, selon le goût. Mais bientôt les jeunes gens lui préférèrent la jaquette ouverte sur la poitrine; d'autres se trouvèrent plus à l'aise en simple pourpoint. Alors reparut la mode ancienne qui avait affecté trois pièces à l'habillement du bas du corps. On eut un court caleçon à braguette, qui était le haut-de-chausses, et une paire de fourreaux pour les jambes, qu'on appela des *bas-de-jambes*, puis par abréviation des bas. Ces derniers étaient souvent de couleur différente. Les pages de Louis XII avaient un bas rouge et un bas jaune, avec leur haut-de-chausses couvert en sens inverse de velours jaune et de velours vermeil.

Le chapeau, devenu plus léger, prit la forme d'un mortier. Le seul ornement qu'on y laissa fut une *enseigne*, c'est-à-dire une médaille, ou un joyau cousu sur le côté. Quant à la calotte, elle eut l'importance d'une coiffure à part. Façonnée à la mode de Florence ou de Milan, elle prit le nom de *toque*.

Vers la fin du règne, on vit les seigneurs étaler les plus riches costumes. Voici la description que La Colombière, dans son *Théâtre d'honneur*, donne de quelques-uns de ces vêtements de parade : « M. de Guise était accoutré de drap d'or découpé, de velours à ondes, avec grand plumail, les parements de velours noir. Ses compagnons étaient accoutrés de velours blanc à une cordelière noire, tout semé de lettres d'or..... François (Monsieur) était armé, accoutré et bardé de satin broché d'argent découpé sur satin blanc à cordelières d'argent, avec grand plumail tout blanc..... M. d'Alençon, bien armé et accoutré, bardé tout de drap d'or par moitié et de velours noir découpé sur drap d'or. »

Au milieu du renouvellement des idées qui signala le début de la Renaissance, la mode conserva son indépendance et s'engagea de plus en plus dans la recherche des effets factices. François Ier fut, plus que tout autre, propice à cette effervescence du luxe. Ce prince aimait la toilette, et son plaisir était d'avoir autour de sa personne une brillante compagnie d'hommes et de dames habillés somptueusement. La libéralité de François Ier en distributions de vêtements pourvoyait d'ailleurs à tout ce luxe. « J'ay veu, dit Brantôme, des coffres et des garde-robes d'anciennes dames de ce temps-là si pleines de robes que le roy leur avoit données, en telles et telles magnificences, que c'estoit une très grande richesse. »

Mais l'excès en toutes choses produit toujours de fâcheuses conséquences : le roi, qui faisait de son palais le temple de la parure, se vit bientôt obligé d'interdire les objets dont la parure tirait son principal éclat. Heureusement pour l'industrie, les édits et les ordonnances restèrent sans effet, tant est grande en ces matières l'impuissance de l'autorité. Les peintures du temps, qu'elles datent du commencement ou de la fin du règne, en offrent un éloquent témoignage : on y voit les gens habillés absolument comme si les lois somptuaires n'avaient pas existé.

Quoi qu'il en soit, c'est dans l'un des chapitres du *Gargantua* de Rabelais, auteur si minutieux lorsqu'il décrit, et consacrés à la fiction de l'abbaye de Thélème, que l'on trouve l'énumération la plus complète des pièces qui composaient, vers 1530, le costume des deux sexes. Il résulte du texte de notre vieil écrivain, que les dames

Fig. 531. — *Hallebardier en 1563.*

portaient des chausses ou *bas* d'écarlate en drap fin, teints de kermès. Leurs chaussures, souliers, escarpins et pantoufles, étaient extrêmement découvertes, avec une bride sur le cou-de-pied. La *vasquine* on *basquine* était un corsage ou petit pourpoint sans manches, ayant la forme d'un entonnoir. Elle était fortement serrée sur le buste qu'elle avait pour objet d'amincir graduellement jusqu'à la taille. Il n'est pas encore question des armatures de baleine ou de métal dont elle fut garnie plus tard; mais pour l'effet qu'on lui voit produire, il faut au moins qu'elle ait été doublée d'une toile apprêtée (V. Corset). La *vertugale* ou *vertugade* faisait par en bas le même effet que la basquine par le haut, mais en sens contraire, car elle était destinée à donner au vêtement, à partir de la ceinture, le maintien d'un entonnoir renversé. Elle consistait en un jupon de gros cane-

vas empesé, que les dames riches faisaient recouvrir de taffetas. Elle s'attachait par dessus les pans de la basquine. La robe, portée par dessous ces appareils, était très décolletée et taillée en carré à l'ancienne façon, avec des manches en sacs brodés de fourrure. Quant à la jupe, elle était coupée de manière à rester toujours ouverte en pointe sous la ceinture pour laisser voir la cotte ou robe de dessous. L'étoffe ne flottait plus. Elle était froncée à la taille, de manière à produire une suite de tuyaux; la queue avait été supprimée.

Pour ce qui concerne les *carcans* ou colliers, les *jazerans*, les chaines d'or que l'on disposait en guirlandes sur le corsage de la robe, nous renvoyons aux mots Bijouterie, Collier, Chaîne d'ornement. Nous agirons de même pour l'*éventoir de plumes* ou éventail; ce dernier objet faisait partie des *contenances*, c'est-à-dire était

Fig. 532. — *Henri IV.*

mis au rang des jolis colifichets, tels que flacons à parfums, cachets, clefs, etc., suspendus à la ceinture, et qu'on prenait à la main pour se donner une contenance (V. Eventail). Quant à l'accoutrement de la tête, il y avait : 1° la mode française : c'était le chaperon de velours avec *templette* ou tour de visage décoré de broderies, ou de perles ou de chaînettes d'or, et queue pendante; 2° la coiffure espagnole, que portait la reine Eléonore, lors de son entrée à Bordeaux; 3° la coiffure à la turque, qui était celle des dames de Florence. Tous ces ajustements de tête avaient de la grâce.

Passons maintenant à la composition du costume des hommes, toujours suivant Rabelais. Les hommes portaient des chausses ou bas. Le tricot étant encore inconnu, ces bas étaient l'œuvre des chaussetiers qui les faisaient non plus de drap, mais de laines rases. Les hauts-de-chausses, le plus souvent de velours et taillades ou ornés de crevés d'où sortaient des coques de toile fine, de toile d'or, de satin ou de taffetas, étaient les uns bouffants, les autres collants, laissant voir la braguette en forme d'arc-boutant, « bien joyeulsement attachée avec deux belles boucles d'or que prenoient deux cro-

chets d'émail, » comme il est dit du costume de Gargantua.

Le pourpoint de drap d'or, de drap d'argent, de velours, de satin, de taffetas, des mêmes couleurs, était décolleté comme le corsage de la robe des femmes, et laissait voir tout le haut de la chemise qui montait jusqu'à la naissance du cou, que l'on ne tarda pas à entourer d'une collerette empesée et largement tuyautée. C'est la naissance de la *fraise*. Il est bon d'ajouter que le travail des ciseaux et de l'aiguille sur les pourpoints élégants consistait en découpures, bordures et appliques, qui représentaient le dernier effort où devait s'arrêter la mode des habits percés à jour. On revint peu à peu de cette exagération.

Depuis longtemps déjà le poignard avait trouvé place dans l'habillement. Sous François Ier, on ajouta l'épée au poignard. Les épées de toilette de cette époque sont les premières qui se montrent avec la poignée munie d'une garde pour couvrir la main.

Pour ce qui est des chapeaux, dont Rabelais avait dit, dans un autre chapitre, « les uns sont ras, les autres à poil, les autres veloutez, les autres taffetassez, les autres satinisez, » ils étaient d'une largeur énorme au commencement du règne; mais à la fin ils devinrent plus petits encore que ceux qu'on avait vus sous Louis XII. Enfin la garniture de plumes, qui était une vaste forêt, en 1520, se trouva réduite, en 1540, à un simple marabout.

Dans la tenue militaire, la principale innovation consista dans l'obligation, pour tous les hommes placés sous un même commandement, de se distinguer par un signe de reconnaissance. La marque distinctive des différents *corps fut d'abord la couleur de l'habit, cotte, saie, hoqueton* ou casaque, qu'on mettait par dessus l'armure, puis, pour les hommes d'armes, pages, coustiliers et valets, les armoiries de leur capitaine. Les cavaliers avaient conservé l'armure entière, avec le casque surmonté du bouquet de plumes (fig. 522). Quant aux arquebusiers, notre figure 523 donne une idée de leur accoutrement.

Fig. 533. — *Piquiers sous Henri IV.*

Le règne d'Henri II, comme on sait, fut pour les arts celui du bon goût. Sous cette heureuse influence, l'habillement s'améliora par la suppression de tout ce qu'avait d'exagéré celui du temps de François Ier. Dans cette réforme de la mode, il est bon d'attribuer une grande part aux lois somptuaires que le gouvernement sut rendre plus efficaces qu'elles n'avaient été jusqu'alors. L'ordonnance de 1549 contre le luxe des vêtements est, en effet, restée célèbre, autant par la sévérité de ses arrêts que par les vers de Ronsard à Henri II :

> Le velours, trop commun en France,
> Sous toy reprend son vieil honneur...

Mais il n'est pas douteux que la loi ait été plus d'une fois enfreinte. Blaise de Montluc, décrivant dans ses *Mémoires* un costume qu'il mit en 1555, ne mentionne guère que des choses en contravention avec l'ordonnance : « Je me fis apporter, dit-il, des chausses de velours cramoisi, couvertes de passemens d'or et fort découpées. Je pris le pourpoint tout de même et ma chemise ouvrée de soie cramoisie et de filet d'or bien riche (en ce tems-là on portoit les collets de chemise un peu rabattus). Je pris ensuite un collet de buffle et me fis mettre le hausse-col de mes armes qui étoient bien dorées. J'avois un chapeau de soie grise fait à l'allemande avec un grand cordon d'argent et des plumes d'aigrette bien argentées (les chapeaux de ce temps-là n'étoient pas grands comme ils le sont à cette heure). Puis vêtis une casaque de velours gris garnie de petites tresses d'argent à deux doigts l'une de l'autre et doublé de toile d'argent toute découpée. »

On revint ensuite aux collerettes fraisées, comme le montre un portrait sur émail de François de Guise, par Léonard Limosin, daté de 1557.

Par dessus la chemise on mettait une longue camisole à manches, ressuscitée de la futaine du XIIIe siècle. Après la camisole venait le pourpoint serré à collet droit muni de manches non tailladées (les crevés étaient passés de mode). Puis venait la cape ou petit manteau. Ajoutons que les bas reçurent un notable perfectionnement par l'idée que l'on eut de les faire en tricot de soie ou de laine. Mézeray témoigne que Henri II en portait de cette façon à la fête du tournoi où il perdit la vie si tristement (1559). Les hommes portaient sur ces bas de soie tricotée de riches jarretières tressées d'or. On lit dans le *Factum du duc de Guise* : « A Cloquart, mercier du Palais, pour son payement..... de trois jarretières d'or et d'argent

pour le service de Monseigneur. » Les classes aristocratiques imitèrent leur souverain, tandis que les classes inférieures conservèrent l'ancienne mode des chausses et des hauts-de-chausses tout d'une pièce. Quant aux chapeaux, ils restèrent longtemps plats et aplatis, plus semblables à des toques qu'à des chapeaux. Leur vogue enfin fut contre-balancée par celle des *chapeaux albanais*, qui avaient de larges bords et une forme en melon allongé.

Les mêmes changements s'opérèrent dans le costume des dames. Après être restée décolletée en carré, la robe devint montante avec un collet relevé. Alors elle se composa d'une cotte et d'un corps surmonté d'une collerette montante, brodée et godronnée. Le devant, ouvert dans toute la hauteur, sauf au cou et à la ceinture, laissait voir l'habit de dessous. Le corps était en outre tailladé, ainsi que les manches. Celles-ci eurent une ampleur qui allait en diminuant depuis les épaules jusqu'aux poignets. Les couleurs préférées pour les robes furent le cramoisi, le violet, le tanné, le jaune d'or, le jaune paille, le noir, le gris et le blanc. La mode des hautes collerettes donna l'essor à l'industrie de la dentelle qui était jusque-là restée dans l'enfance (V. DENTELLE). Enfin, parmi les coiffures le plus en vogue, il faut citer le bonnet ou toque, le chapeau et le chaperon. Les chapeaux étaient comme ceux des hommes, mais beaucoup moins larges et plus hauts de forme.

Pendant le règne de Charles IX, malgré le déchaînement des passions et les calamités occasionnées par les guerres de religion, malgré un nouvel édit somptuaire provoqué par les Etats-généraux en 1561 et renouvelé deux fois en moins de quinze ans, le luxe des habits se donna libre carrière, et les français continuèrent d'être aux yeux des étrangers le peuple qui s'entendait le mieux dans l'art de se bien vêtir (fig. 524 à 527).

Fig. 534. — *Bourgeoise, d'après Michel Lasne (XVII^e siècle).*

Charles IX dédaignait la toilette ; mais la reine mère favorisait le luxe de la parure. Alors les artistes rivalisèrent d'un commun accord dans la fabrication des objets d'ornement. La bijouterie se renouvela en revenant au procédé de l'émail, mais d'un émail transparent. La passementerie, la broderie, la dentelle et la guipure d'or et d'argent vinrent s'ajouter aux bijoux, parmi lesquels il faut compter les montres et les petits miroirs merveilleusement encadrés qu'on suspendait au bout du collier étalé sur la poitrine.

Jusque vers 1570 il ne se fit pas de changement notable dans la forme de l'habillement des deux sexes. On était toujours aux tailles fines obtenues à l'aide d'un *busc*. Mais aux robes à jupes très amples et traînantes succédèrent bientôt les robes à queue dont la longueur était proportionnée au rang des personnes. Ces queues avaient parfois de cinq à sept aunes de longueur (5^m,940 à 7^m,216). Celle de la jeune reine Elisabeth d'Autriche, lors de son entrée à Paris, en 1571, en avait vingt (23^m,760). C'est sans contredit l'une des plus longues dont il soit fait mention dans l'histoire.

Même pour le bal on gardait ces robes dont la queue était alors attachée sur la croupe au moyen d'un gros crochet de métal ou d'un bouton d'ivoire. « J'ai ouy dire, raconte Louis Guyon, à de vieilles femmes qui avoient esté de ce temps-là, et d'illustres maisons, qu'on en a vu qui ont esté suffoquées sous telles robes longues à queues. Et d'advantage, fust-il hyver ou esté, il falloit par honneur les porter fourrées d'hermines et de martres. » Ajoutons que les femmes furent amenées par la mode des jupes écartées à emprunter aux hommes leur haut-de-chausses. C'est pour désigner le haut-de-chausses des dames qu'on créa le mot *caleçon*.

Pour ce qui concerne les ajustements de tête, le secrétaire de Jérôme Lippomano, envoyé de la République de Venise en 1577, remarque que les françaises de condition portaient alors sur la tête le chaperon de velours noir ou l'*escoffion*, sorte de coiffe de réseau en rubans d'or ou de soie, souvent orné de bijouterie. Elles avaient un masque de velours également noir sur le visage pour se préserver du hâle. Les bourgeoises, au contraire, portaient un chaperon de drap, parce qu'il leur était défendu de se coiffer de soie, ainsi que de se servir du masque. Ajoutons que le chaperon était toujours muni de sa queue, « cette longue queue de velours plissé qui pend aux testes de nos femmes, » dit Montaigne, dans un chapitre où il en signale le ridicule. Vers 1572 on mettait le chapeau par-dessus le chaperon.

Autant Charles IX méprisait la toilette, autant le troisième Henri montra de passion pour les ajustements de toutes sortes. Aussi la cour présenta-t-elle un étrange mélange de mœurs élégantes et d'extravagantes bizarreries. Elle passait des fêtes les plus licencieuses à des processions où le roi et ses courtisans se couvraient du froc des pénitents. Même au milieu de leurs plaisirs, ils aimaient à se rappeler l'idée de la mort. Les *Comptes de l'Argenterie des rois de France*, par Douët-D'Arcq, montrent qu'Henri III portait sur ses vêtements le luxe des boutons d'argent en forme de têtes de mort. C'est surtout à cette époque que s'applique le mot de Voltaire sur le XVI^e siècle qu'il appelle « une robe d'or et de soie tachée de sang et de boue. »

Si l'on en croit le témoignage de ses contemporains, Henri III commença par rejeter les chausses bouffantes pour n'en porter plus que d'étroites, taillées et froncées comme les caleçons des femmes. Il bannit également les chapeaux d'hommes et les remplaça par un bonnet à aigrette, calqué sur l'escoffion des dames du règne précédent.

A son retour de Pologne, les collerettes à tuyaux ou fraises godronnées, qu'il avait été un des premiers à porter du vivant de son frère, lui déplurent on ne sait pourquoi, et il prit à la place le col uni rabattu à l'italienne; mais ce ne fut qu'un temps d'arrêt : il revint bientôt aux fraises triomphantes si chères à sa mollesse. En 1578, il en exhiba une comme on n'en avait jamais vu, formée de 15 lés de linon et large d'un tiers d'aune (0m,40). Ayant jugé que l'amidon ne fournirait pas assez de maintien pour tant d'étoffe, il expérimenta lui-même et composa un empois avec de la farine de riz. L'invention eut un succès de fou rire. « A voir la teste d'un homme sur ces fraises, dit Pierre de Lestoile, il sembloit que ce fust le chef de saint Jean dans un plat. » — « A la fraise on connaît le veau, » disaient tout haut les écoliers. Enfin pour les bijoux il avait une faiblesse toute féminine (V. Boucle d'oreille). Cela n'empêcha pas Heuri III de rendre deux édits somptuaires, l'un en 1577, l'autre en 1785. Le premier n'eut pas d'effet; mais le second fut exécuté avec uue rigueur extrême. Lestoile raconte que plus de soixante dames de Paris, tant nobles que bourgeoises, reconnues comme délinquantes, furent incarcérées pendant huit jours au For-l'Evêque.

Un des traits les plus frappants du costume à la Henri III est l'habillement du buste. Sur les épaules, dit M. Quicherat, flottait une petite cape ou manteau dans le genre de nos pélerines, qui laissait la poitrine à découvert pour favoriser l'exhibition du pourpoint, lequel, selon le goût douteux du roi, était muni sur le devant d'une bosse allongée et inclinée la pointe en bas, comme celle de l'estomac de polichinelle. On appelait cela une *panse* ou un *panseron*. C'était le contre-pied du busc, qui avait été porté auparavant, précisément pour tenir le ventre aplati. La panse était produite à force de coton.

Les chausses se ressentirent de la mobilité fugitive de la mode. Elles étaient à la *polonaise*, à la *provençale*, à la *savoyarde*, à la *greguesque*, c'est-à-dire à la *grecque*, d'où l'on a fait *grègues*. Il résulte des estampes et des tableaux du temps, que la plupart de ces chausses étaient bouffantes et prolongées jusqu'aux genoux; mais vers 1580

Fig. 535 à 537. — *Gentilshommes français, d'après Abraham Bosse (XVII^e siècle).*

les élégants eurent au contraire des chausses collantes si exiguës qu'elles ne couvraient que les hanches et le derrière, ce qui leur fit donner le nom dérisoire de *culot* par Bonaventure Desperriers.

Si maintenant nous passons à la toilette des dames, qu'un tableau d'environ 1585, conservé au Louvre, nous montre en costume de bal ; on verra que celles-ci avaient conservé l'habitude de se serrer excessivement la taille, au-dessous de laquelle le devant du corsage descendait en pointe. C'était une conséquence de l'influence des modes italiennes, qui ne fut pas moins considérable sur les vêtements des femmes que sur ceux des hommes. De plus, elles portaient des robes à jupe fermée sur le devant et plus courtes que la cotte, dont elles laissaient voir le bas. Ces robes étaient relevées par la *vertugale* ou *vertugade*, et leurs manches ballonnées par une enflure s'amincissaient en approchant des poignets. C'est environ vers cette époque que les dames de la cour mirent en vogue le bas de soie. Quant à l'immense fraise godronnée et relevée contre la nuque, elle fut bientôt détrônée par une sorte d'éventail de dentelle, que des fils d'archal maintenaient également en hauteur.

Outre les gants *coupés*, sortes de mitaines qu'elles mettaient pour se livrer au travail de la dentelle, qui était une occupation reçue dans la meilleure compagnie, les dames se servaient, pour la grande toilette, de gants parfumés, frangés, chiquetés. Elles portaient également, en guise de ceinture, une chaîne d'or à l'extrémité de laquelle était suspendu soit un éventail pliant, soit un petit miroir.

Laissons maintenant de côté les sanglantes folies de la Ligue, pendant laquelle Paris, longtemps assiégé, se vit forcé de répudier les pompes de la parure, et arrivons au moment où la tranquillité se rétablit dans le royaume. Les vêtements d'alors, à vrai dire, avaient cessé d'être des vêtements pour devenir de l'architecture, mode absurde et coûteuse qui, comme le dit avec raison M. Quicherat, n'arrive à produire que des effets sans grâce et de l'étalage sans goût. « La vertugade du temps d'Henri IV faisait bouffer la taille jusqu'à un large cerceau tenu en suspens autour du corps. C'était comme la charpente d'une coupole, dont la configuration était achevée par un revêtement de basques à gros bouillons. Au-dessous, les jupes tombaient toutes droites, formant la tour ronde ; au-dessus, le corsage, plus serré que jamais, faisait l'office d'un cône tenu en équilibre sur sa pointe. Et le reste allait à l'avenant. Les manches, à force d'ouate et de baleines, paraissaient être deux répétitions du corsage;

enfin la collerette s'arrondissait comme un beau grillage planté sur les épaules. Ne fallait-il pas toutes les forces de l'imagination pour reconnaître des reines de beauté et de grâce sous cet amas de formes géométriques » (fig. 529). Il est bon d'ajouter que telle était la largeur des fraises, qu'on fit des cuillers à long manche, pour que les dames pussent porter le potage à la bouche sans se friper. Les *collets montants*, soutenus par des fils d'archal, admettaient trois, quatre et même cinq hauteurs de dentelle, la dernière dépassant la tête. Ce fut le moment du plus grand triomphe de la *dentelle*. — V. ce mot.

Quant à la façon des robes, elle se compliquait d'entailles bordées, de découpures nombreuses, qui laissaient voir la doublure en étoffe d'une autre couleur. L'Inventaire dressé à la mort de Gabrielle d'Estrées (1599) mentionne « une robbe de velours vert découppé en branchages, doublée de toille d'argent, et icelle chamarrée de passemens d'or et d'argent, avec des passe-poils de satin incarnadin. » Enfin, l'un des cotillons de la célèbre maîtresse de Henri IV était « de drap d'or de Turquie, figuré à fleurs, incarnat, blanc et vert. »

Tandis que la mise des femmes allait toujours en s'enlaidissant, surtout depuis le second mariage du roi, celle des hommes, au contraire, se modifia à son avantage. On commença d'abord par supprimer les bosses d'estomac ou *panses*, pour reprendre les pourpoints busqués qui, à leur tour, cédèrent la place aux pourpoints sans busc. Ces derniers firent remettre en usage ces petits collets qui faisaient l'office de hausse-cols, les uns en maroquin, les autres en pelleterie parfumée, dits *en peaux de senteurs*. Les fraises eurent des proportions plus raisonnables, puis furent remplacées peu à peu par les collets rabattus ou *rabats* (fig. 528). Sur le devant des haut-de-chausses, le *pont-levis* remplaça la braguette extérieure du règne de François Ier. Enfin les chapeaux des dernières années du XVIe siècle, dits *chapeaux français*, nous représentent les anciens chapeaux albanais, relevés sur le devant et chargés d'un panache. Ils n'étaient pas du goût de Brantôme, qui les appelle « de grands fats de chapeaux, garnis de plus de plumes en l'air qu'une autruche peut en fournir à chascun. » On les abandonna au commencement du XVIIe siècle pour prendre le castor à basse forme et à larges bords; ce que fit du reste Henri IV, comme le montre un portrait de ce roi d'environ 1600, représenté figure 530.

Sous les règnes d'Henri II et de François II, le costume militaire se ressentit du luxe italien introduit par les bandes piémontaises qui furent appelées à réprimer l'insurrection de la Guyenne et à prendre possession de Metz, en 1553. Les Mémoires de La Vieilleville s'expriment ainsi à ce sujet : « Il faisait merveilleusement beau voir les capitaines; car ce n'estoit qu'espées dorées et argentées, aux fourreaux de veloux et bouts d'argent, bonnetz de veloux à petites plumes des couleurs de leurs maîtresses, jusqu'aux fers d'or sur les escarpes de veloux, qui avaient en ce temps-là grand vogue. Et leurs soldats, quasi tous, morions et fournimens dorez, et les corselez gravez avec les bourguignottes de mesmes et les piques de Biscaye aux poignées de veloux, houppées de franges de soie. » Sous Charles IX, Philippe Strozzi, colonel des bandes françaises, s'appliqua à rendre commune dans ses troupes la mode italienne des armes gravées et dorées. Pour l'habillement, les soldats d'infanterie se conformèrent à la mode courante, consistant dans la réduction de l'armure de fer (fig. 531).

Fig. 538. — *Louis XIII créant un chevalier du Saint-Esprit.*

Malgré l'exemple d'Henri IV, qui, les jours de combat, notamment à la bataille d'Ivry, revêtait une pesante armure (fig. 532), les piquiers seuls conservèrent le corselet garni de brassards et de demi-tassettes (fig. 533). Parmi les gens de tir, il n'y eut plus de corselet que sur la poitrine des officiers; mais tous, officiers et soldats, se coiffèrent du morion.

Les premières années de la jeunesse de Louis XIII furent très favorables aux modes. A cette époque, où, selon d'Aubigné, la plupart des courtisans s'efforçaient de « paroistre » ce qu'ils n'étaient pas, chacun cherchait à briller par la richesse et l'élégance de son habillement. C'est alors que, d'après le témoignage de Louis Garon, dans sa *Sage Folie*, les tailleurs imaginèrent quantité de façons de pourpoints, pour répondre à tous les goûts.

Les casaques revinrent à la mode, ainsi que les manteaux. Mais il y avait manteaux et manteaux. Les uns, que Bassompierre, dans ses Mémoires, appelle « manteaux de pluye », se laissaient à la porte par bien-

séance; les autres se conservaient à table par marque de respect. Les *Traités de civilité* n'oublient pas ce point important. « Il n'est pas de la bienséance de s'envelopper de son manteau, quand on entre dans la maison ou dans la chambre. Chez le roy, entrant ainsi, on s'exposerait à quelque correction. — Il ne faut pas quitter son manteau ou son épée pour se mettre à table, parce qu'il est de la bienséance de le garder. » Les longs manteaux

Fig. 539 à 543. — *Gentilshommes français (1675-1694).*

s'appelaient des *royales*. Ces royales descendaient si bas que d'Aubigné, dans son *Baron de Fœneste*, dit qu'à tout bout de champ « elles faisoient faire des parterres » aux fantassins bottés et éperonnés qui en portaient.

Ce temps fut en effet celui des grandes bottes, montant très haut sur la cuisse. Qui ne se bottait pas ne pouvait donc se montrer en bonne compagnie qu'avec des bas de soie ordinairement de couleur rouge. Les bas *d'estam*

Fig. 544 à 547. — *Costume de ville, d'après Bonnard (1680-1700).*

c'est-à-dire de tricot de laine, étaient si mal vus que, par les temps de froidure, les « honnestes gens » mettaient bas de soie sur bas de soie pour ne pas geler des jambes. Ordinairement, c'était trois paires. Au rapport de Tallemant, Malherbe en portait une telle quantité que, pour n'en pas avoir à une jambe plus qu'à une autre, à mesure qu'il passait un bas, il déposait un jeton dans une écuelle. Racan lui conseilla de faire marquer une lettre à chaque paire et de les chausser par ordre alphabétique. Il le fit, et le lendemain il dit à Racan : « J'en ai dans l'L. » Il avait donc douze paires de bas de soie à la fois.

« Ceux qui seront en bas de soye n'auront point d'autres bas que d'Angleterre, dit à cet égard l'auteur anonyme de l'opuscule intitulé : *Les loix de la galanterie* (1644), et leurs jarretières et nœuds de souliers seront tels que la mode en aura ordonné. »

Si l'habit masculin gagna beaucoup entre la mort d'Henri IV et l'avènement de Richelieu, celui des femmes s'améliora également. Le corsage des robes fut raccourci et ouvert de nouveau en pointe sur le devant. Le vertugadin, de son côté, au lieu de bomber par le haut comme un dôme, devint tout plat et ne fit plus de bouffissure autour de la taille, la jupe resta retroussée à demeure, et les crevés se maintinrent au corsage et aux manches.

Les édits d'Henri IV contre les passements d'or et d'argent firent tourner le goût à la passementerie de soie et au *point coupé*, qui devint d'un grand usage. On en faisait des manchettes et des *tours de gorge*, à l'ouverture du corsage, ainsi qu'une espèce de cravate à bouts pendants nommée *rabat*.

Fig. 548 à 550. — *Types populaires, marchands et montreur de vues d'optique (XVII^e siècle).*

cour dès 1623, était devenue une espèce de manteau ajusté ou redingote largement ouverte, laissant voir le *corps de jupe*. Très étoffée par derrière, elle formait de gros tuyaux sous la taille, qui était haut placée dans le dos et faisait chute des deux côtés vers les hanches. Elle traînait par le bas. De larges manches, fendues dans toute leur longueur, se fermaient au milieu du bras par un nœud de ruban et des manchettes.

Les manchettes nous amènent à parler des gants, dont les noms, renouvelés sans cesse d'après les parfums qui les imprégnaient, témoignent de la fécondité des inventions de la mode. Il y eut tour à tour des gants *à l'Occasion* et *à la Nécessité*, les gants *à la Phyllis*, les gants *à la Cadenet*, à cause d'une odeur préférée par Honoré d'Albert, seigneur de Cadenet, nommé maréchal de France en 1609, qui avait imaginé les *cadenettes* (V. Coiffure), puis les gants *à la Frangipane*, ainsi appelés du marquis de Frangipani, seigneur romain resté célèbre, grâce aux Lettres de Guez de Balzac. Quant au masque de velours noir, il n'y avait plus que les vieilles dames qui en portassent; les jeunes femmes lui préféraient la voilette en crêpe noir, qui les faisait paraître plus blanches et qui leur permettait de « friponner à travers. »

Nous voici arrivés à l'époque de Richelieu (1625-1645), un de ces rares et courts moments où la mode fit alliance avec le bon goût. En dépit des prohibitions successives des passements d'or et d'argent, puis des passements de soie, défendus parce qu'ils étaient de provenance étrangère, on imagina de les remplacer par des dentelles et des points-coupés, quoique ces ouvrages de fil vinssent de la Flandre, de Gênes et de Venise, car il ne s'en faisait plus en France depuis les désordres de la Ligue. C'est alors que les découpures et les broderies de fil furent mis à l'index tout comme les passements. Pareille disgrâce atteignit tour à tour, dans la toilette des dames, les coiffures en hauteur, les collerettes guindées et les vertugadins.

Devenu plus simple, notamment dans la bourgeoisie (fig. 534), l'habillement féminin eut une coupe beaucoup plus gracieuse. Pour la première fois, depuis des siècles, le buste se montra sans être déformé par la robe. Celle-ci, dans le genre des robes *à commodité*, connues à la

Si du vêtement des mains nous passons à celui des pieds, on verra que les bas de soie des dames, quoique de couleurs voyantes, telles que le rouge, le vert-pomme, le bleu de ciel, n'étaient plus pour être montrés. A peine la longueur des jupes laissait-elle apparaître le bout de la chaussure.

Les élégants à la mode de 1628, d'après Abraham Bosse, ne mettaient pas moins de recherche dans leur toilette (fig. 535 à 537). Si l'on en croit le sieur Auvray, qui fit imprimer à Rouen, en 1628, le *Banquet des Muses*, recueil de vers dans lequel on trouve le portrait d'un galant de l'époque, dépeint dans tous ses atours, les raffinés portaient sur l'épaule un manteau à large collet qui se drapait autour du buste. Ils avaient des bottes à larges revers, des bas de tricot de soie de fabrique milanaise, des jarretières formant sur le côté des nœuds de ruban, et se couvraient la tête d'un castor ou d'un feutre, chapeaux bas de forme, à bords immenses, chargés de deux longues plumes, et demandaient aux dentelles les fioritures nécessaires à leur pourpoint (fig. 538).

Peu à peu l'habillement se simplifia, les garnitures de boutons remplacèrent celles de rubans, et le costume devint plus élégant et d'un goût parfait. Il en fut de même pour le costume militaire, dont Jacques Callot nous a

retracé l'image. Au corselet d'acier avait succédé le buffle, gilet de peau chamoisée placé par dessus le pourpoint. et la hongreline, sorte de paletot boutonné sur le devant et fendu tout autour à partir des hanches. Quant aux corps d'élite, tels que les mousquetaires, les représentations du temps ne nous les montrent coiffés que du large chapeau de feutre à plumes. Ils avaient donc déposé le casque avec la cuirasse, exigés encore pendant la minorité de Louis XIII. Les arquebusiers, à leur tour, adoptèrent le chapeau et le buffle.

Après la mort de Richelieu, on avait vu reparaître les dentelles, les toiles d'or et d'argent, les passements enrichis de houppes, de cannetilles, de paillettes et de clinquant. Toute cette passementerie fut mise en vogue avec une telle fureur que Mazarin décréta, en 1644, que les plus somptueux habits seraient de soie, sans autre chose pour les décorer qu'une bordure de deux petites dentelles de soie ou d'une broderie de la largeur du pouce.

La mode des *galants*, qui ne tarda pas à s'établir, prouve que cette mesure eut de l'efficacité. A toutes les places de l'habit naguère occupées par les passements, on mit des coques de rubans formées de la même manière que celles que l'on portait depuis longtemps dans les cheveux, et qui s'appelaient *galants*. Mais il ne paraît pas que la loi somptuaire ait défendu les plumes.

Fig. 551 à 553. — *Officier général (1670), officier d'infanterie (1703) et lieutenant aux gardes (1683).*

Dans la *Belle Plaideuse*, comédie par Boisrobert (1654). l'avare Amidor dit à son fils Ergaste, qui dépense tout son bien en luxe ou en débauche :

> Tu travailles, méchant, à te voler toy mesme.
> Où prens-tu tout, dy moy, jusqu'à ce riche habit
> Que je voy sur ton corps, si ce n'est à crédit,
> Et jusqu'à ces plumets qui volent sur ta teste?

L'habillement de cou, depuis Henri IV, consistait en un collet rabattu ou rabat, qu'attachaient des cordons garnis de gros glands. Après 1650, les cordons firent place à la *cravate* de ruban ou de dentelle, laquelle doit son origine aux Cravates ou Croates qui servaient dans les armées du roi. « La cravate, suivant la définition d'Antoine Furetière, est une espèce de collet que portent les hommes quand ils sont en habit de campagne ou en justaucorps ; elle se noue autour du cou, et les deux bouts pendent fort bas dessous le menton. » D'après le *Nouveau Traité de Civilité française* (1695), il était incivil, dans le monde, de jouer avec les deux bouts de sa cravate.

A la fin du règne de Louis XIII, les femmes couvraient leurs cheveux de petits bonnets, avec de longues pattes qui voltigeaient derrière les oreilles, ou des mouchoirs empesés et bordés de dentelle, ou des toquets de velours, appelés *bonnets de plumes*, parce qu'ils étaient chargés de panaches. Après la Fronde, la mode des coiffes commença. C'était une pièce de crêpe ou de taffetas dont on s'enveloppait la tête, et qu'on nouait sous le menton, en laissant le visage à découvert. Le noir étant la couleur consacrée des coiffes, les Précieuses les appelèrent des *ténèbres*.

Lors de l'édit de 1644, qui défendait les passements, les femmes trouvant par trop mesquines les simples bordures permises par la nouvelle loi, en relevèrent, comme les hommes, le méchant effet par des garnitures de perles vraies ou fausses, combinées avec les galants ou les

faveurs, car les nœuds à l'usage des dames portaient ces deux noms. La robe, étant très décolletée, on garnissait l'encolure avec des *devants*, bouillons de linon ou de gaze qui étaient disposés en guirlande. Sous la robe on portait deux jupes qui, ajoutées à celle de la robe elle-même, faisaient trois. Elles eurent chacune leur nom dans le langage des Précieuses. Celle de dessus s'appela la *modeste*, celle de dessous la *secrète*, et l'entre-deux la *friponne*. Les petits objets de toilette étaient le demi-masque de velours noir, l'éventail, les manchettes, le mouchoir brodé avec des glands aux quatre coins, les gants d'Espagne parfumés et coupés, c'est-à-dire fendus sur le dos de la main, etc. En compagnie, excepté à table, lit-on dans l'*Instruction chrétienne* (1660), les dames devaient toujours être gantées; aussi faisaient-elles une extraordinaire consommation de gants. Tallemant, dans son *Historiette de Marion de l'Orme*, rapporte que « jamais gants ne luy duroient que trois heures. »

Nous voici arrivés à l'époque de la splendeur du règne de Louis XIV (1661-1685). Sous ce roi qui aimait le plaisir et encore plus le faste, les modes ne pouvaient pas manquer d'être magnifiques. La dernière année de Mazarin fut cependant célèbre par une loi somptuaire qui produisit beaucoup d'émoi, sauf chez quelques vieux bourgeois maussades, comme le Sganarelle de Molière, dans l'*Ecole des maris :*

> Oh! trois ou quatre fois béni soit cet édit,
> Par qui des vêtements le luxe est interdit!
> Je voudrois bien qu'on fît de la coquetterie
> Comme de la guipure et de la broderie!

Le roi qui n'était pour rien dans cet édit, se montra favorable à la dentelle, dont il protégea l'industrie; mais

Fig. 554 à 556. — *Elégant (Régence), habit de cour et habit de ville (1729).*

il resta inflexible, quant au reste, et cela pendant quarante ans de son règne. Un passage de la *Révolte des passements* (1661) montre, en effet, qu'à la suite de l'édit du 27 novembre 1660, les passements avaient à peu près disparu, ainsi que les plumes; mais ils bravèrent bientôt l'arrêt et se vendaient secrètement. Ce n'étaient là, toutefois, que des cas particuliers, et l'on vit presque partout les rubans et la dentelle composer la décoration de l'habillement. Les rabats, prolongés sur la poitrine, furent en point-coupé dans presque toute leur étendue. Il y eut d'autre point coupé au nœud des souliers, aux poignets des chemises (fig. 539 à 543).

L'art des chemisiers de ce temps-là ne le cédait pas à l'art des chemisiers modernes. Ils avaient, surtout en France, du linge incomparable à mettre en œuvre : outre la toile de Picardie, que la Hollande même nous enviait, la toile de Châtellerault, avec laquelle Rabelais fait faire tout le linge de son *Gargantua*, il faut citer celles de Bretagne et de Normandie, entre autres les toiles qu'un tisserand de Lisieux, Cretonne, fabriqua le premier; puis enfin la célèbre toile de Flandre, à qui le toilier de Cambrai, Baptiste, qui en perfectionna la finesse, laissa également son nom. La réputation de la toile de Baptiste s'étendit au XVII^e^ siècle, dans toute l'Europe. M^me^ d'Aulnoy, dans son *Voyage*, dit qu'elle la trouva très à la mode en Espagne.

Tout cela était bien féminin pour une génération qui fut sans cesse occupée à la guerre. Aussi vit-on, à partir de 1670, l'habit militaire prendre le dessus. Le pourpoint fut remplacé par le *justaucorps* et la veste. La *rhingrave*, ample haut-de-chausse en forme de cotillon disparut pour faire définitivement place à la *culotte*.

C'est alors qu'on abandonna les soieries pour le drap, la ratine, la serge, le camelot et le droguet. En 1677, le *Mercure galant* disait, à propos des hommes : « Plus d'étoffes somptueuses. L'élégance est dans la coiffure, la chaussure, la beauté du linge et de la veste. » C'est sur la veste, en effet, que s'étaient réfugiées les broderies, les chamarrures, les garnitures de dentelles et de rubans chassées de dessus l'habit.

Le justaucorps et la veste ne s'accommodant plus avec le rabat, l'habillement de cou fut la *cravate*, dont la dimension répondait à l'importance de son nouveau rôle dans le costume. Ce fut une longue pièce de mousseline ou de dentelle, dont les bouts descendaient jusqu'au milieu de la poitrine. Elle était nouée sur la gorge par un ruban de couleur.

Le costume d'hiver pour les hommes était complété par le manchon gris, dont les gravures de modes du *Mercure galant*, année 1680, offrent des spécimens, et par le manteau court. Les manteaux longs ne servaient qu'aux cérémonies funèbres ou dans le costume d'apparat. Quant aux pelisses ou *pelissons*, portés par la plupart des élégants, c'étaient également de longs manteaux ordinairement doublés d'hermine. Cela explique pourquoi les Précieuses avaient appelé l'ami de Mlle de Scudéry, l'historien Pelisson, *Herminius*.

Pendant la période brillante qui nous occupe, le costume des dames passa par une infinité de petits changements, mais aucun n'en atteignit le caractère fondamental. Elles conservèrent les tailles en pointe, les manches courtes et les amples jupes retroussées sur d'autres jupes plus étroites (fig. 544 à 547). La princesse Palatine, dans ses *Mémoires*, parle de *robes battantes* imaginées par Mme de Montespan pour dissimuler ses grossesses. Ces robes, dénuées de ceinture, flottaient sur le corps. L'usage s'en conserva à la chambre. Enfin, le négligé de 1672 consistait à s'habiller de noir avec un tablier blanc. Boursault, dans sa comédie des *Mots à la mode*, nous dit le nom de ce tablier :

Fig. 557.—*Le duc de Gesvres en costume d'apparat, d'après Van Loo (1735).*

> L'homme le plus grossier et l'esprit le plus lourd
> Sait qu'un laisse-tout-faire est un tablier court.

Il est vrai que si le noir fut de mise pendant un certain temps parmi les jeunes femmes qui cherchaient à briller dans leur intérieur, en revanche, les veuves adoptèrent le blanc. En effet, au commencement de l'année 1672, le *Mercure* déclarait que « la mode des veuves de s'habiller tout de blanc chez elles ne finirait pas de si tôt. »

Mais de 1685 à 1715, sous l'influence de Mme de Maintenon, le règne de Louis XIV s'assombrit. Dès lors, une sorte d'affectation d'austérité se fit remarquer dans la mise des hommes, et le roi lui-même, selon l'historiographe Dangeau, contenait le plus qu'il pouvait son goût pour la parure. Il y eut bien un moment de relâche, en 1697, comme le dit Saint-Simon, lors du mariage du duc de Bourgogne; mais ces magnificences ayant porté la bourgeoisie à des écarts dangereux en fait de luxe, un édit, promulgué en 1700, interdit l'emploi des étoffes d'or et d'argent, sauf aux nobles et aux fonctionnaires investis de grandes charges. Au milieu de la misère de 1708, l'or fut encore une fois défendu par un édit qui s'étendait à tous les sujets sans exception et flétrissait les exagérations du luxe dans le costume des deux sexes.

Quant à l'habillement du peuple, il suivit également les variations de la mode. Nos figures 548 à 550, représentant des marchands ambulants, donnent une idée du costume populaire au XVIIe siècle.

Quoi qu'il en soit, l'habillement des Français à la fin du règne de Louis XIV a eu le privilège de fixer le costume moderne. Ce que nous désignons par les noms de *frac*, *redingote* ou *jaquette*, *gilet* et *pantalon*, s'appelait en ce temps-là *habit* ou *justaucorps*, *veste* et *culotte*. Cette dernière cependant portait quelquefois la dénomination actuelle. Lorsque *Pantalon* parut sur la scène italienne de Paris, quelques gens originaux adoptèrent son haut-de-chausse, long et ample, comme pour braver la mode des hauts-de-chausses étroits et serrés au genou, qu'ils avaient raison, du reste, de trouver fort incommodes. C'est ce que prouve Furetière, dans sa satire du *Jeu de boule des Procureurs* :

> Tel a le chapeau plat, tel autre l'a trop haut;
> Tel haut-de-chausse bouffe et tel serre la cuisse;
> L'un tient du Pantalon, et l'autre tient du Suisse.

Peu à peu, quoique fissent les médisants pour le raccourcir, le haut-de-chausses *à la Pantalon* alla toujours gagnant en longueur et en largeur; il passa le genou, toucha la cheville, la dépassa elle-même et devint enfin notre pantalon d'aujourd'hui.

Les bas, auparavant en tricot rayé ou chiné, ne furent plus de mise que s'ils étaient unis et tissés au métier, avec des coins brodés en or ou en soie. Généralement on les appareilla à la couleur de l'habit. Le bas, monté par dessus la culotte, s'attachait au jarret par une jarretière sans pendants.

Le manchon continua de figurer dans la tenue d'hiver. Les chapeaux furent à larges bords et retroussés sur trois côtés. Ils conservèrent leur tour de plumes jusqu'en 1710. Depuis lors ils perdirent leur garniture et se rapetissèrent au delà de toute expression.

Tandis que la mise des hommes devenait plus sévère, la toilette féminine s'améliorait à l'avantage de la beauté. Sous Louis XIII et pendant la plus grande partie du règne de Louis XIV, les femmes, en effet, abusèrent du décolleté jusqu'à exaspérer les casuistes. On connaît l'ouvrage de Jacques Boileau, le frère du satirique, intitulé : *De l'abus des nuditez de gorge*. Mais toutes les thèses ne purent triompher de la mode, et les théologiens y perdirent leur latin. Ce fut Mme de Maintenon qui eut le mérite de convertir les pécheresses comme elle avait converti Louis XIV. Pour accomplir par un grand exemple cette révolution de la pruderie où les casuistes échouaient l'un après l'autre, elle cacha sous des flots de dentelles noires ses beautés *poictrinales*, et toutes les dames de la cour firent comme elle. Dès lors, les robes perdirent de leur bonne grâce, de leur aisance, et devinrent tout à fait déplaisantes par l'exagération des corsages serrés et par la lourdeur des jupes tombantes, sur lesquelles s'étalaient des garnitures appelées *prétintailles* et *falbalas*, bandes d'étoffe plissée que les femmes mettaient au bas de leurs jupes ou autour des petits tabliers qu'elles portaient alors.

Fig. 558. — Bourgeois, d'après Dupin (XVIIIe siècle).

Les manches étaient toujours des demi-manches, garnies de profondes manchettes en dentelle appelées *engageantes*, et les cravates des tours de cou connues sous la dénomination de *steinkerques*. — V. Cravate.

N'oublions pas les caleçons de taffetas rose et les bas de soie blancs, mentionnés par le *Dictionnaire* de Furetière, lesquels, d'après Francion, s'attachaient avec des « jarretières à la céladon, » c'est-à-dire en ruban vert pâle. Quant aux gants, ils étaient devenus plus longs et se chargeaient d'habiller les avant-bras. Enfin, comme nous l'apprend Boursault, le haut du corsage était agrafé par un joyau :

> Un beau nœud de brillant, dont le sein est saisi,
> S'appelle un « bout-en-train » ou bien un « tâtez-y. »

Signalons en passant les coiffures, dont la plus célèbre de toutes fut la *fontange* (V. Coiffure), et passons au costume militaire. Louis XIV, comme on le sait par Saint-Simon, portait une extrême attention aux moindres détails de l'habillement de ses troupes. Cette préoccupation, dirigée par un goût de symétrie absolue, nous a valu l'établissement de l'uniforme. La défaveur dont l'armure du moyen âge avait été l'objet sous les règnes précédents, engagea le roi, vers 1765, après la guerre d'Aix-la-Chapelle, à licencier les derniers fantassins bardés de fer. Seuls les cuirassiers et les carabiniers portèrent une secrète ou calotte de fer sous leur chapeau. C'est tout ce qui resta du harnais chevaleresque dans les rangs de l'armée. Quant aux vêtements, tous les militaires, fantassins et cavaliers, choisirent dans le costume civil les pièces les plus commodes, et bientôt la culotte, la veste et le justaucorps formèrent le costume auquel l'armée se conforma depuis 1685 (fig. 551 à 553).

Les couleurs elles-mêmes, généralement de teintes neutres, relevées par l'éclat des doublures, furent pour les troupes ce qu'elles étaient pour les particuliers. Au drap gris, brun, isabelle ou noisette, qui formait l'étoffe du justaucorps, on apposa des revers blancs, jaunes, rouges, verts et bleus. Les culottes et les bas étaient ordinairement appareillés aux revers. Le rouge devint à un moment l'unique couleur de la garde royale à cheval. Par dessus l'habit rouge, les mousquetaires du roi continuèrent de porter la casaque bleu de ciel avec la croix blanche. L'uniforme qui eut le plus d'originalité fut celui des dragons; le jaune, le vert, le rouge dominaient dans leur habillement. Les hussards parurent vers 1690 avec un accoutrement encore plus étrange. Les premiers furent habillés à la turque. Quant aux Cent Suisses, ils étaient habillés aux couleurs du roi, blanc, bleu, incarnat. Pour ce qui est de la coiffure, les gravures du temps nous montrent les officiers d'infanterie et les mousquetaires avec le tricorne orné de plumes. Les soldats se contentaient de chapeaux de feutre à larges bords relevés par devant.

Revenons maintenant au costume civil, tel que nous le voyons se manifester au début du règne de Louis XV. L'habillement de cette époque est resté célèbre par l'usage des paniers ou jupons à cerceaux, qui paraissent avoir été d'importation étrangère. Quoi qu'il en soit, les premiers paniers furent composés de cercles en jonc, en nattes, en baleines, ou en fer, sur l'armature desquels on appliquait de grosse toile écrue, du taffetas commun ou même du drap de soie broché, formant une véritable jupe. C'était la cage de nos jours mais beaucoup plus massive. La forme fut d'abord celle d'un entonnoir, et produisit les paniers à *guéridon*. Elle s'arrondit ensuite par le haut, comme pour dessiner une coupe ovale : de là les paniers à *coudes*, ainsi désignés parce que les coudes pouvaient s'appuyer dessus, à la hauteur des hanches. Ces derniers sont ceux qui restèrent le plus longtemps

en faveur, ceux dont l'ampleur atteignit les dernières limites. Le bas présentait pour le moins une circonférence de trois aunes, soit 3m,60. Cette mode des paniers prit une telle extension dans toute l'Europe, que, en Angleterre, où l'armature des paniers y était faite de fil d'archal, le commerce du fer faillit augmenter. Aussi Dekker, en son *Satyromastix*, n'appelle-t-il les bourgeoises de la Cité que *City wires*, « femmes de fil de fer. » En France, au contraire, où l'armature des paniers était construite en baleine, la vente de celle-ci devint tellement considérable que les pêcheries augmentèrent de plus du double, et que, sur ce point, notre marine ne fut jamais si prospère. L'économiste Melon, dans son *Essai politique sur le commerce* (1734), en vint à demander d'urgence la continuation de la mode, dont la mort, disait-il, tuerait le commerce. « Si la mode des paniers mollissoit, les ouvriers seroient en droit d'en demander la continuation. » Quoi qu'il en soit, vers 1760, les petits

Fig. 559. — *Type populaire : « Pommes cuites au four », d'après Bouchardon (XVIII^e siècle).*

paniers succédèrent aux grands, et il fut permis, dans le négligé ou la demi-toilette, de se montrer avec des robes dénuées de tout soutien.

Les robes des premières années de la Régence avaient une allure dégagée. Le corsage, soit fermé, soit ouvert, se laçait par devant. Mais l'ampleur de la jupe, qu'on était forcé de relever, s'accommoda facilement avec les paniers; seulement, au lieu de six aunes d'étoffe pour faire une robe, il en fallait de dix à douze (14m,25). Les manches plates ouvertes en entonnoir, avec un retroussis, de manière à laisser voir les avant-bras couverts de mitaines longues, s'appelaient déjà des *manches en pagode*.

Le costume des hommes resta à peu de chose près ce qu'il avait été au déclin du grand règne. Le justaucorps ou autrement dit l'*habit* fut tantôt souple et flottant, tantôt raide et ajusté sur le corps. Il conserva ses manches largement ouvertes et retroussées jusqu'aux coudes (fig. 554 à 556). C'est environ vers cette époque, un peu avant 1730, que la redingote (*riding coat*, habit à chevaucher) nous fut apportée d'Angleterre. Ce vêtement, qui du temps de Louis XV ne se mettait effectivement qu'à cheval et l'hiver, avait la forme d'un long et ample habit qui se croisait sur la poitrine. Il était muni d'une ceinture à la taille, et par en haut de deux petits collets, dont l'un se relevait pour se boutonner devant le visage, absolument comme nos cache-nez.

En 1720, la ruine apportée par le système de Law donna le dernier coup aux matières d'or et d'argent qui décoraient l'habillement civil. Le galon ne figura plus que dans l'uniforme militaire et dans la livrée des grandes maisons. Les broderies, les garnitures de point, les étoffes brochées et autres garnitures de prix furent réservées pour l'habit de cour.

La veste accompagna l'habit. Ouverte depuis le haut jusqu'au creux de l'estomac, elle laissait à découvert la chemise et la cravate, celle-ci formée d'une pièce de linon ou de mousseline, dont les bouts très longs pendaient par devant. La culotte et les bas furent à peu près les mêmes que sous l'ancienne mode. Comme ces derniers n'étaient pas chauds en hiver, on en mettait forcément plusieurs paires l'une sur l'autre. (fig. 557). Mais vers 1768, aux culottes fendues par devant dans toute leur hauteur succédèrent les culottes *à pont* ou *à la bavaroise*, système

Fig. 560. — *Type populaire : « Liste des gagnants à la loterie », d'après Bouchardon (XVIII^e siècle).*

qui s'adapta plus tard aux pantalons et dura jusqu'après 1830. C'est, en effet, au déclin du règne de Louis XV, que le pantalon fit son entrée définitive dans la toilette.

Quant au chapeau, les trois retroussis du bord furent tantôt élevés et tantôt couchés. On les galonna, on y mit une cocarde de ruban. Le chapeau, d'ailleurs, servait à donner du maintien autant qu'à couvrir la tête. On le portait presque toujours sous le bras. La véritable coiffure de l'époque fut la perruque poudrée — V. Coiffure.

Notre figure 558, tirée du recueil de costumes français de Dupin, montre exactement quel était l'habillement de la bourgeoisie au XVIIIe siècle. Il nous reste à mentionner l'habillement des gens de métier, dont les estampes de Bouchardon ont consacré le souvenir (fig. 559 et 560). Un fragment des *Porcherons*, poème en sept chants, publié en 1773, et consacré à la description de ce lieu de plaisir, complètera nos renseignements sur le costume populaire à cette époque.

On fait jabot, on fait manchette,
On a chemise blanche et nette,
Petit chapeau, grand bourdalou,
Mouchoir à flot autour du cou,
La rouge culotte de panne,
En main ou sous le bras la canne,
Veste de toile ou de coton,
En fine nacre le bouton.

Pendant les vingt-cinq premières années du règne de Louis XV, le costume militaire offrit peu de variété.

Fig. 561. — *Le Cavalier, d'après de Monsigny (1766).*

sards. Ces derniers, autrefois habillés à la mode turque, le furent à la mode hongroise. La couleur de l'habit et de ses revers, ainsi que le galon des bordures et brandebourgs, différenciaient seuls les régiments de l'armée. Le bleu foncé et le rouge vif étaient les couleurs de la maison du roi; le bleu, pour les gardes du corps, les gardes françaises et les grenadiers à cheval; le rouge pour les suisses, les gendarmes et les mousquetaires. Dans l'infanterie, le rouge garance et le bleu céleste appartenaient aux corps étrangers, tandis que le gris et le brun

Mais, en 1743, il se produisit divers changements dans l'uniforme des dragons, des mousquetaires et des hus-

Fig. 562. — *La charge du fusil, d'après Gravelot (1766)*

de toutes nuances combinées avec des doublures de couleurs voyantes distinguaient les régiments français.

Le bonnet à poil, qui est une invention du second roi de Prusse, père du grand Frédéric, s'introduisit dans

l'armée entre 1730 et 1740. Cette coiffure, apportée en France par les mercenaires allemands, fut adoptée d'abord par les grenadiers à cheval, puis par les grenadiers des régiments d'infanterie. Après 1760, le tricorne reçut une forme plus commode (fig. 561 et 562).

Les hussards portaient le *schako* à aigrette, la pelisse de drap doublée de peau de mouton, et une culotte longue. Quant aux dragons, ils se coiffaient du casque à crinière garni de poils par le bas.

A la mort de Louis XV (1774), de nombreuses disettes, occasionnées par les spéculations du roi sur les blés, avaient été désastreuses pour la toilette des femmes. L'opinion générale était que le nouveau règne mettrait fin à ces honteuses manœuvres. Il fut donc salué avec des transports de joie, dans l'espoir du prochain retour de l'abondance.

Marie-Antoinette contracta aussi la passion de la parure. Elle y mit même tant d'exagération, malgré les remontrances de sa mère et les leçons détournées de son époux, que, en moins d'une année, elle s'était endettée de 300,000 livres à l'insu du roi.

C'est de cette époque que datent l'échafaudage des hautes coiffures en poufs et la réputation de Mlle Bertin, modiste de la reine. — V. COIFFURE.

De même que pour le pouf *au sentiment* et la coiffure *à la Belle-Poule* (V. COIFFURE), les écarts du mauvais goût se manifestèrent dans l'habillement, lequel, entre les mains de Sarrasin, le costumier des princesses du sang, qui donnait alors le dessin de presque toutes les nouveautés en fait de robes, se conforma, pour ainsi dire, aux costumes de théâtre. On voyait renaître les folies du précédent règne.

Fig. 563. — *La dame du palais de la reine, d'après Moreau (XVIIIe siècle).*

Vers 1779, les manchons étaient d'un grand prix, mais tous n'étaient pas en fourrure : il y en avait de ouatés en dedans et garnis d'étoffe en dehors ; les dames en portaient de plumes peintes et de peaux. Plus tard, vers 1785, les mantes furent bannies. Suivant le *Dictionnaire historique de la Ville de Paris*, art. *Modes*, par Hurtaut et Magny, on porta pour fichu une palatine de duvet de cygne qu'on appelait un *chat*. « Chaque femme a un *chat* sur le col. On a vu une dame à l'Opéra avec un manchon *d'agitation momentanée*. »

Les paniers, sur le point de disparaître, atteignirent leur plus grande ampleur. On les couvrit de nœuds, de bouquets et de bouillons de gaze (fig. 563). Le marquis de Valfons, dans ses Mémoires, dit qu'il n'y avait pas moins de deux cent cinquante façons de garnir les robes, auxquelles on donna les noms les plus bizarres : *grande réputation, insensibilité, désir marqué, préférence, vapeurs, doux sourires, regrets, composition honnête, etc.*

On peut juger par la toilette de l'une des célébrités galantes de Paris, Mlle Duthé, à quel point de ridicule préciosité les femmes en étaient arrivées en 1786 : « Mlle Duthé, continue le marquis de Valfons, était dernièrement à l'Opéra avec une robe de *soupirs étouffés*, ornée de *regrets superflus*, un point au milieu de *candeur parfaite*, garnie en *plaintes indiscrètes*, des rubans en *attentions marquées*, des souliers *cheveux de la reine*, brodés en diamants en *coups perfides*, et les *venez-y-voir* en émeraudes, frisée de *sentiments soutenus*, avec un bonnet de *conquête assurée*, garni de plumes *volages* et de rubans d'*œil abattu*, un *chat* sur le col, couleur de *gueux nouvellement arrivé*. » Pour la toilette ordinaire, on pouvait choisir entre la *polonaise*, le *caraco*, l'*anglaise* et la *lévite*.

Vers 1787, les grands seigneurs endettés par le luxe, ayant mis la banqueroute à la mode dans le monde de la noblesse, — Mlle Bertin, la célèbre modiste, en fut pour deux millions ! — un état de gêne universel en résulta. On renonça aux garnitures, aux bouillons, aux falbalas ; les paniers eux-mêmes tombèrent dans la disgrâce. Mais comme il est difficile à la coquetterie de rester longtemps indifférente et de mauvaise humeur, les élégantes s'empressèrent d'imiter les actrices en vogue, qui donnaient le ton. Mlle Contat, chargée du rôle de Suzanne, avait enlevé tous les suffrages par sa désinvolture et sa grâce accomplie. Le triomphe de l'actrice mit à la mode le costume sous lequel elle l'avait remporté. Le déshabillé *à la Suzanne* fit fureur pendant toute la durée de 1785. La pièce de Beaumarchais inspira encore les cheveux *à la Chérubin*, les chapeaux et les bonnets *à la Figaro*, les robes *à la comtesse*.

La malencontreuse affaire du collier, arrivée en 1785, eut pour conséquence de faire tomber la reine dans un immense discrédit. Dès lors, Marie-Antoinette perdit pour toujours le sceptre de l'élégance et du goût, et les modes anglaises détrônèrent celles de Versailles. On vit les dames porter des robes en redingote, qui avaient des

revers, des parements, un double collet et des boutons de métal. Bientôt elles y joignirent la cravate, le jabot, le gilet et les deux montres avec leurs breloques pendant sous les deux poches du gilet. Comme elles avaient aussi le chapeau de castor sur la tête et la canne à la main, remarque M. Quicherat, on eût dit des hommes en jupon. Il est vrai que la plupart de ces chapeaux avaient des bords si amples qu'ils faisaient l'office d'un parasol. Cette vaste superficie supportait un indicible entassement de panaches, de plumets, de fleurs artificielles, de rubans et de chiffons de gaze.

La redingote céda enfin la place au *caraco*, lequel reprit faveur aux approches de la Révolution (fig. 566). Il se distinguait de celui d'autrefois par son exiguité, ses basques retroussées et une forte échancrure qui laissait à découvert le creux de l'estomac. Mais redingote et caraco étaient pour la demi-toilette. En grand costume, on eut des robes *à l'anglaise*, *à la circassienne* (fig. 564 et 565). Enfin, les chapeaux perdirent leurs larges bords pour en prendre de très étroits. En 1787 et 1788, on portait plus de chapeaux que de bonnets ; depuis lors, ce fut le contraire. Ces bonnets étaient d'une hauteur excessive. Leur élévation tenait à la largeur prodigieuse de la passe sur laquelle on se faisait gloire d'étaler un immense ruban (fig. 564 à 566).

L'habillement des femmes de cette époque n'avait pas

Fig. 564. — *Robe à la circassienne avec fichu en chemise (1790).*

Fig. 565. — *Grande toilette en robe à l'anglaise (1789).*

Fig. 566. — *Déshabillé en caraco (1788)*

cessé d'être essentiellement français, même lorsqu'il cherchait à s'inspirer des modèles étrangers. Celui des hommes, au contraire, fut cosmopolite : il copia servilement l'Angleterre, l'Allemagne, l'Amérique. Mais, en principe, on ne sortit pas des vêtements étroits qui avaient prévalu à la fin du règne précédent (fig. 567 à 569). L'habit resta ouvert sur tout le devant du corps ; le frac perdit son collet en pélerine pour prendre le collet retroussé. Quant à la redingote d'hiver, restée ample comme auparavant, croisée sur la poitrine et munie d'un triple collet, elle donna naissance au *carrick*, qui figure encore aujourd'hui sur les épaules des cochers. C'est alors que les manchons, portés par les hommes comme par les femmes, devinrent énormes. La plupart étaient des *manchons de loup de Sibérie*. « Nos jeunes gens ne portent guère leurs manchons qu'à la main ou sous le bras, » lit-on dans le *Magasin des modes nouvelles françaises et anglaises* (décembre 1788).

Une des folies de la mode fut la vogue des boutons qui garnissaient les habits étriqués de l'époque. Les uns voulaient des boutons en nacre de perle à peu près de la largeur d'un écu de 6 francs, ou en métal ciselé, sculpté, émaillé ; les autres préféraient de petits tableaux peints en miniature. On rapporte que le comte d'Artois (Charles X) eut un jour l'idée de se faire faire une garniture de petites montres arrangées en boutons. On ajouta également des breloques qui pendaient au-dessous de la veste, des deux côtés de la culotte. On portait aussi deux montres, dont les cordons servaient à cacher les fentes du *pont à la bavaroise*. — V. Chaîne de montre.

Comme on le voit, le sans-façon dans la toilette était à l'ordre du jour. Mais le négligé à la mode ne laissa pas

d'être coquet. C'était, d'une part, l'habit à la française, avec la veste, les souliers à talons rouges avec le chapeau triangulaire, fait pour ne pas quitter le dessous du bras; de l'autre côté, le frac et le gilet, des escarpins sans talons, s'attachant avec des rubans au lieu de boucles, un chapeau qui pouvait se mettre sur la tête et dont on se coiffait effectivement. Ce chapeau, dit à *l'androsmane*, n'avait que deux cornes, plus un pli en gouttière formé sur le retroussis du devant. Le frac ressemblait à l'habit français, sauf pour la couleur. Les étoffes les plus voyantes étaient les plus estimées. Le vert-pomme, le jaune-clair et la teinte dite *queue de serin* eurent longtemps la vogue, ainsi que les rayures sur fond clair. L'habit noir était réservé pour le deuil. Le gilet devait trancher avec la couleur de l'habit. Le plus souvent, il était blanc avec des broderies de diverses nuances. Ces broderies formèrent bientôt des bouquets semés ou des guirlandes de fleurs, puis des sujets historiés, tels que les fables de La Fontaine, les aventures de Don Quichotte, etc. La forme des chapeaux fut également très variée. L'ancien tricorne se maintint comme coiffure de cérémonie. On l'appelait *chapeau de bras*, parce qu'il ne se mettait guère sur la tête. Celui des grands seigneurs était garni de plumes frisées. Le chapeau le plus répandu, depuis 1776, fut le chapeau *à la suisse*, dont la pointe intérieure était à peine sensible, tandis que les cornes de côté avaient une largeur et une saillie extrêmes. Les gens atteints d'anglomanie préféraient le *jaquet* ou *jockey*, petit chapeau rond à l'usage des palefreniers anglais.

C'est aussi des premières années du règne de Louis XVI

Fig. 567 à 569. — *Habit à l'anglaise, habit de cour, et costume d'été avec chapeau suisse (1778 à 1780).*

que date l'accoutrement des troupes tel qu'il se maintint, à très peu de changements près, jusqu'à la fin du premier Empire. La réforme qui l'amena à ce degré de fixité fut l'œuvre du comte de Saint-Germain, lequel supprima les bonnets à poil et fit abandonner aux soldats l'usage des queues et de la poudre (V. Coiffure). Tous les régiments français eurent la culotte, le gilet et la veste de couleur blanche et les longues guêtres. L'habit fut à la française, avec revers agrafés jusqu'au tiers de leur longueur. Enfin la coiffure fut le chapeau à corne adopté dans le costume civil; on le rendit militaire en y ajoutant une cocarde et un pompon. Les grenadiers conservèrent le bonnet à poil. Quant aux dragons et aux chasseurs à pied, ils gardèrent le casque en cuir bouilli.

Il est inutile d'ajouter que, jusqu'à la Révolution, chaque classe avait son costume distinctif. Comme le fait remarquer M. Chéruel, le clergé, fidèle à ses habitudes traditionnelles, avait conservé, avec peu de changements, les vêtements du moyen âge. La noblesse portait seule les costumes éclatants, dont nous avons raconté les vicissitudes. La bourgeoisie avait des habillements sans broderie, de couleur foncée et portait le manteau noir dans les solennités. La magistrature, les universités, les différents corps de l'armée, quittaient rarement le costume de leur profession. Jusqu'au XVIIIe siècle, les médecins ne paraissent pas sans la robe noire. Il en était de même des gens de justice et des professeurs des universités. Les marchands portaient aussi de petites robes et des manteaux noirs quand ils se réunissaient pour quelque cérémonie. Enfin, chaque métier, chaque province avait conservé ses vêtements caractéristiques. La Révolution, en détruisant les distinctions d'ordres et en proclamant l'égalité de tous devant la loi, fit disparaître ces différences de costume, qui rappelaient les différences d'origine et de condition. De plus, elle apporta une plus grande simplicité et une plus grande aisance dans les habits.

A partir du 14 juillet 1789, comme le montrent les gravures du *Magasin des Modes nouvelles françaises et*

anglaises, les femmes portent des bonnets *aux trois Ordres réunis*, des bonnets *à la Bastille, à la citoyenne*, la plupart enjolivés de rubans aux couleurs nationales, en attendant la grande toilette *à la Constitution* et le *négligé à la patriote*. Le *Journal de la Mode et du goût*, qui vint ensuite (1790), fait voir la « grande dame » en robe de couleurs rayées *à la Nation*, la « religieuse nouvellement rendue à la société » avec une robe de linon *en Vestale* et une coiffure *à la Passion*, avec des fleurs nacarat, et enfin la « femme patriote » avec le nouvel uniforme couleur de drap bleu de roi, chapeau de feutre noir, bourdalou et cocarde aux trois couleurs.

Quoi qu'il en soit, les vêtements féminins portés au commencement de la crise révolutionnaire furent moins des nouveautés que des vieilleries rajeunies par quelques accommodements de circonstance. Il n'y eut de changements appréciables qu'à la fin de 1790. Le *Magasin des Modes*, qui cessa de paraître en février 1791, annonça dans son dernier cahier l'apparition de la robe froncée en rideau, à trois ganses, de la gorge à la ceinture ; c'est celle que porte Charlotte Corday, dans le portrait de Tassaert. Les robes en rideau, de même que les robes en chemise, les fichus enflés et les boucles flottantes, vêtirent également Mme Roland, Mme de Condorcet et Mme de Staël.

Fig. 570. — *Costume du commencement de la Révolution (1789-90)*

Le costume des hommes se modifia davantage que celui des femmes. Les élégants de 1789 et de 1790 avaient abandonné le chapeau à cornes pour prendre le chapeau rond à forme élevée, entouré d'un ruban de soie et décoré de la cocarde nationale. Ils portaient un frac de drap effilé par derrière en queue de morue, garni sur le devant de deux courts revers qui faisaient l'effet d'une veste, et qui laissaient le gilet à découvert. Une cravate de couleur, garnie de dentelle à ses deux bouts, formait un gros nœud sur la gorge. La culotte de casimir ou de daim, serrée *à l'écuyère*, descendait jusqu'aux mollets et s'attachait par des rosettes sur des bas rayés en long. Quelques-uns se chaussaient de fines bottes à revers, avaient des gants en étoffe rayée de deux ou trois couleurs, et portaient à la main une canne dans l'intérieur de laquelle était souvent enfermée une épée (fig. 570 et 571).

Ajoutons que le ci-devant enclin aux réformes, pour témoigner qu'il n'acceptait la Révolution que sous bénéfice d'inventaire, se revêtait de noir avec un habit de couleur claire. Le contre-révolutionnaire obstiné était tout en noir des pieds à la tête ; mais en 1791, il prit la cravate blanche, la cocarde anti-patriotique en ruban blanc rayé, le gilet de basin semé de petits écussons fleurdelisés et l'habit vert de couleur voyante qui produisait l'effet le plus singulier. A des fracs bleus, bruns, gris, on mettait des collets de soie rose, aurore, vert-pomme, jaune-soufre.

Fig. 571. — *Costume du commencement de la Révolution (1789-90).*

Le peuple des faubourgs adopta la veste courte appelée *carmagnole* on ne sait pourquoi, et le pantalon rayé aux trois couleurs, d'où l'épithète de *sans-culotte*. En effet, les progrès du pantalon sont attestés par l'apparition du commerce des *bretelles*, qui eut ses annonces à Paris dans les journaux de 1792. Les culottes, au contraire, n'avaient pas besoin d'un pareil soutien. Elles étaient fixées sur les hanches par l'ajustement de la ceinture. Quant au chapeau, le bonnet phrygien, dit *bonnet de la liberté*, le remplaça au commencement de l'année 1792. Son usage s'était d'abord introduit parmi les membres de la Société des Amis de la Constitution. D'après le *Moniteur* du 23 mars, le président, les secrétaires, les orateurs à la tribune en étaient coiffés, et ce *signe éclatant de l'égalité* se répandit bientôt dans les promenades et aux spectacles. A ce propos, Brissot écrivit dans ses Mémoires : « Ce sont les prêtres et les despotes qui ont introduit le triste uniforme des chapeaux, ainsi que la ridicule et servile cérémonie d'un salut qui dégrade l'homme, en faisant courber devant son semblable un

front nu et soumis. Celui-ci, triste, morose, monotone, est l'emblème du deuil et de la morosité magistrale; l'autre égaye, dégage la physionomie, la rend plus ouverte, plus assurée, couvre la tête sans la cacher, en rehausse avec grâce la dignité naturelle, et est susceptible de toutes sortes d'embellissements. »

Nous passerons rapidement sur le costume des révolutionnaires de bas étage, consistant, suivant les *Mémoires* de Louvet, en un bonnet rouge, un pantalon de bure, un gilet tricolore et, suivant la saison, une *houppelande* appelée aussi *carmagnole*, vaste redingote en drap gris ou brun, avec des revers et un collet rabattu de peluche rouge. Ce costume ridicule, inauguré déjà par Chenard, porte-drapeau à la fête civique du 14 octobre 1792, et adopté surtout par les Membres du Conseil général de la Commune, fut dessiné par Sergent, et proposé à l'exposition du 10 août 1793 : « Ce n'est autre chose, dit le livret, que l'habit journalier des hommes de la campagne et des ouvriers des villes. Il n'y aurait de différence entre les citoyens que dans la qualité des étoffes. Il pourrait n'être porté qu'à 21 ans, et tiendrait lieu de la robe virile. »

Fig. 572 et 573. — *Modes de 1795.*

Mais, selon les expressions de Camille Desmoulins, les « intrigants, les patriotes tarés et les ultra-révolutionnaires » complétaient ce costume, ainsi que l'indiquent les *Lettres du Père Duchesne*, avec des sabots, de fortes moustaches, et un brûle-gueule patriotique aux lèvres. Ceux qui ne consentaient pas à s'affubler de la sorte risquaient de se voir accuser, comme Pétion, par le fougueux démagogue, d'être *relichés et retapés comme tous les farauds de l'ancien régime*.

Cependant des artistes, fort animés de l'esprit de la Révolution, voulurent révolutionner le costume. La question sur la réforme du costume national qui devait être à la fois plus commode et plus beau que le costume en usage, mais unique cependant pour toutes les classes de citoyens, fut discutée dans plusieurs séances de la *Société républicaine et populaire des Arts*, du 1er ventôse au 1er prairial de l'an II. On hésita longtemps avant de savoir si l'on prendrait pour modèle les habillements grecs, étrusques, romains ou arabes. Espercieux proposait le casque et la chlamyde des Grecs. Wicar reconnaissait que les femmes avaient peu de chose à changer, « si l'on en excepte ces mouchoirs ridiculement gonflés, qui recèlent leurs charmes les plus agréables, et leurs cheveux ajustés d'une manière singulière. » On ouvrit enfin un concours, et l'on finit par décider qu'on ne se présenterait devant la Convention qu'avec un costume fait et composé.

La Convention, en effet, n'avait jamais approuvé le costume vulgaire des sans-culottes. Robespierre lui-même le condamnait par sa mise correcte et recherchée. Seul, peut-être, il ne porta jamais le bonnet rouge; seul il osa rester poudré, frisé, élégant; et nous savons par une lettre de Pilot à Gravier, publiée dans les *Pièces trouvées chez Robespierre*, qu'il arrivait souvent à ce dernier de charger publiquement les agents de la Convention de lui acheter des bas de soie de Lyon, quand le Comité de Salut Public les envoyait en Provence. Lorsqu'il fut le maître absolu, il fit rendre par ce même Comité un arrêté qui chargeait le peintre Louis David de présenter ses vues sur le moyen d'améliorer le costume national, en l'accommodant aux mœurs républicaines.

David fournit alors le dessin d'un costume « à l'antique » qui fut gravé par Denon. Il se composait d'une tunique, d'un manteau court, d'un pantalon collant, de bottines et d'un bonnet à la hongroise orné de plumes. Il avait déjà taillé sur ce patron l'uniforme des élèves de l'Ecole de Mars. On en vit plus tard des éditions nouvelles dans les costumes officiels du Directoire et dans ceux de la cour impériale, qui furent également de son invention. Ce déguisement, de même que celui des sans-culottes et des ci-devant, tomba de lui-même après le 9 thermidor, qui les emporta l'un et l'autre.

Les femmes essayèrent aussi quelques costumes à l'unisson, tels que ceux de *Française libre, en amazone*, de *Bellone* et de *Jolie sans-culotte du 10 août*, représentés dans les estampes du temps, et qui furent portés avec quelque chose de débraillé par Théroigne de Méricourt, Rose Lacombe, etc.

Le Jacobin des jours les plus agités était vêtu proprement et simplement comme le Girondin; beaucoup n'avaient pas quitté le tricorne, les toupets et la queue. Les plus grandes réformes avaient été de porter un chapeau rond, les cheveux plats et sans poudre, des habits de couleur brune au lieu de couleurs roses et tendres, et de mettre aux souliers des cordons au lieu de boucles. Tel fut le costume des principaux personnages qui ont joué un rôle au moment le plus terrible de notre histoire. L'habit du sans-culotte était réservé aux comparses, qui n'eurent jamais d'autre distinction que cet habit.

Mais ce serait un tort de croire que, pendant les scènes lugubres de la Terreur, la population tout entière fût dans

le deuil et la tristesse. Les théâtres, les restaurants, les cafés regorgeaient de monde, et, dans les promenades, les occasions de faire toilette ne manquaient pas, surtout pour les *muscadins*, dont la mise soignée et surtout le linge blanc, comme le dit Barbaroux dans ses *Mémoires*, passait pour une protestation contre le sans-culottisme. Quant aux jeunes gens, qui allaient danser aux barrières, ils adoptèrent un déshabillé galant et patriotique à la fois : carmagnole bleue, gilet blanc, pantalon à raies roses, avec un bonnet, ou plutôt un képy, de drap bleu bordé de rouge, qui remplaçait le bonnet dit de la Liberté.

Les robes de leurs danseuses étaient aussi à raies roses ou bleues, ou toutes blanches, et des formes les plus simples. Des groupes de jeunes filles, couronnées de fleurs et vêtues de blanc, figuraient dans les fêtes patriotiques et y produisaient l'effet le plus charmant. Les citoyennes plus fortunées pouvaient se montrer en habits de soie ; mais plus de rouge sur le visage ni de blanc sur les cheveux. La poudre était bannie de la tête de toutes les femmes.

Le cataclysme révolutionnaire n'avait donc pas englouti le bon goût, la recherche, l'esprit mobile et la futilité des générations antérieures. Nous trouvons, dans le numéro

Fig. 574. — *Costumes d'hommes en 1798.*

58 du *Journal de Paris*, en date du 19 octobre 1793, une longue annonce de la citoyenne Rispal, ci-devant Teillard, demeurant au Palais ci-devant Royal, galerie de la rue ci-devant Richelieu, *au Pavillon d'or*, numéro 4. La citoyenne Rispal offre aux dames des robes en *péhin velouté* et *lacté*, *en raz de soie africain*, *en chinoises satinées*, et sur sa liste figurent les caracos *à la Nina*, *à la Sultane*, *à la cavalière*, les robes longues *à la persienne*, les chemises *à la prêtresse*, les ceintures *à la Junon*, *à la renommée*, les robes *à la Psyché*, *à la ménagère*, *à la turque*, *au lever de Vénus*, l'habillement *à la républicaine*. « Ce vêtement, dit la réclame, enveloppe entièrement, prend la taille avec une grâce parfaite ; il clôt par devant avec des boutons ; une ceinture *à la romaine*, noue sur le côté ; il est d'une tournure délicieuse. »

Mais il y eut un terrible moment d'anxiété et d'angoisse pendant lequel la masse de la nation se détourna du plaisir et se laissa gagner par l'effroi. Ce moment fut de courte durée. Ce sont les sept semaines qui s'écoulèrent entre le vote de l'épouvantable loi du 22 prairial an II et la journée du 9 thermidor. Plus de six cents bals publics ouverts à Paris aussitôt que l'échafaud eut cessé d'être en permanence, témoignent à quelle joie folle se laissa alors emporter la population. Il y eut pendant quelque temps absence complète de luxe. On ne voyait plus dans les rues que des robes blanches, agrémentées de faveurs rouges et de nœuds de ruban. Enfin les toilettes reparurent peu à peu, et les modes républicaines triomphèrent avec les enrichis de la Révolution (fig. 572 et 573). C'est alors que les muscadins se montrèrent plus brillants que

jamais. Ils adoptèrent le frac gris et la cravate verte. Ils échangèrent contre un gourdin, qu'ils appelaient leur *pouvoir exécutif*, la canne légère à laquelle ils avaient emprunté auparavant leur maintien.

Cette *jeunesse dorée*, organisée en bandes par Fréron, avec mission de rosser dans les rues les Jacobins et les Sans-Culottes, n'eut qu'une existence éphémère. Il n'en fut pas de même des *Incroyables*, qui ne furent autre chose que les fashionables de l'époque du Directoire. Carle Vernet a donné le type de l'Incroyable en 1796 dans une estampe devenue célèbre. Mais il n'y a pas de gravure de modes qui en dise plus sur ce sujet que l'extrait suivant des *Semaines critiques ou gestes de l'an V*,

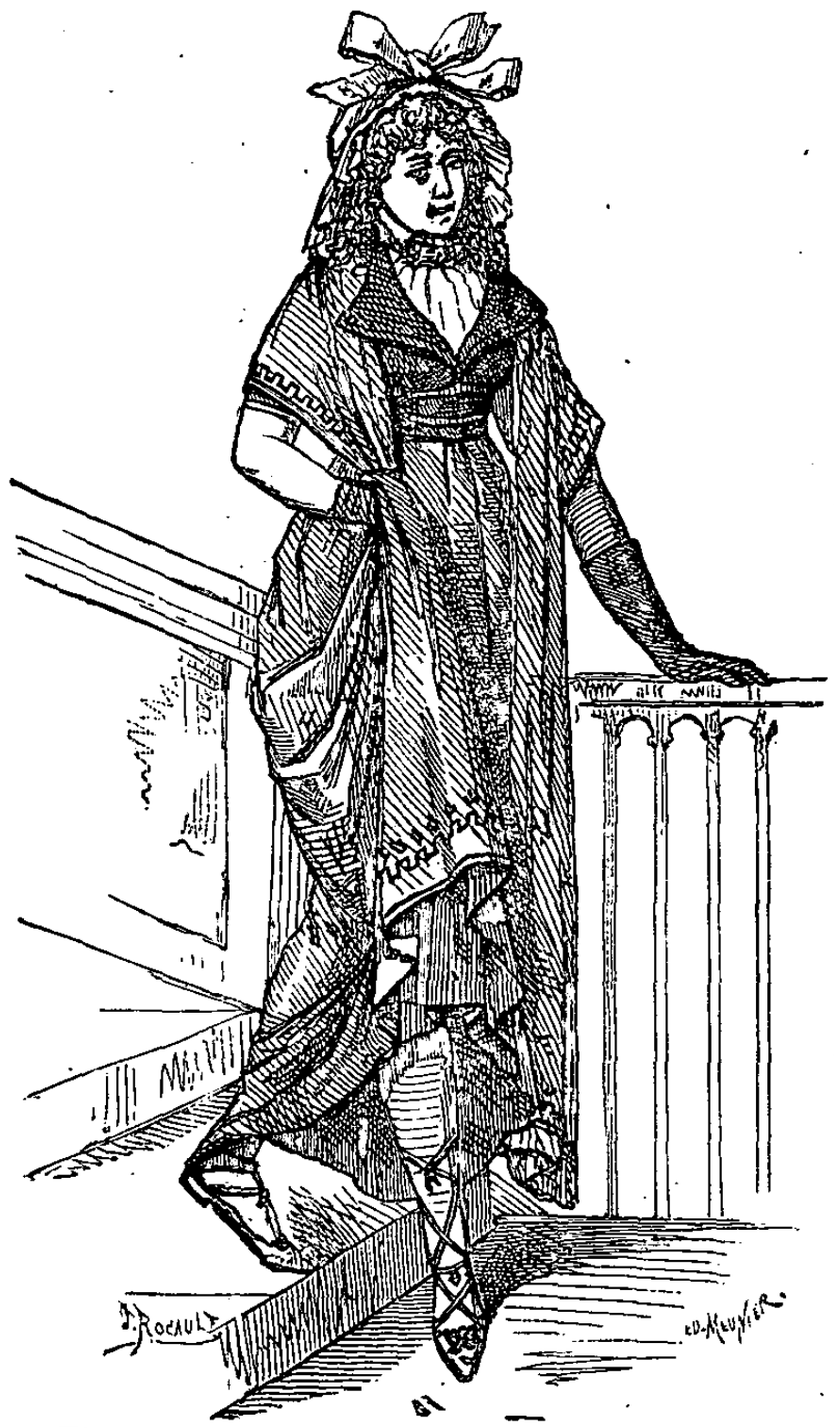


Fig. 575.— *Type d'une merveilleuse en 1798.*

où l'on trouve un costume tout fait. L'auteur raconte qu'arrêté dans la rue devant un placard, il avait près de lui un citoyen d'une quarantaine d'années : « Sa parure était des plus augustes ; chargé d'ambre, de parfums et de toute la fraîcheur de santé la plus radieuse et la mieux nourrie ; un chapeau de noir de jais à haute forme, orné d'une petite cocarde de la largeur d'une pièce de douze sous, à moitié dérobée sous une ganse à chapelet ; les cheveux retroussés, la tête surchargée de poudre et de nombreux petits crochets dont la mobile élégance ombrageait de grands sourcils noirs bien arqués, bien soignés, et dont le bronze bleuâtre annonçait le travail du pinceau ; de longues faces agitées par le zéphyr, qui descendaient par échelon sur le collet d'un habit carré du plus beau brun acajou ; une cravate de rouille vermicellée bleu et blanc de huit pouces de haut (0,216 mil.) ; le magnifique gilet anglais à bandes blanc sur blanc, le portrait de l'*amante du jour* sur la poitrine, la montre de service dans la petite poche intérieure du gilet ; quatre énormes cachets d'or massif dénonçant la montre de parure ; la longue culotte de Nankin se prolongeant sur la cime des hanches jusqu'aux rosettes de ruban qui la fixaient au-dessous du genou ; les bas de soie, fond blanc, parsemés de petits pois blancs ; le soulier verni, les manches à pointes de mitaines enveloppant la main jusqu'à la première articulation du pouce ; la petite chaîne d'or en filigrane au poignet droit et la main gauche enfin dans la poche, drapant l'habit sur la cuisse. »

L'opinion royaliste s'afficha bientôt par un autre signe, qui était un collet noir à l'habit. L'insolence des *collets noirs* fit naître un parti opposé appelé *collets rouges*. Tout l'été de 1797 fut troublé et même ensanglanté par les rixes des collets noirs et des collets rouges. Les manifestations politiques par l'habillement cessèrent après le 18 fructidor (4 sept. 1797), époque où le ridicule perdit peu à peu son succès (fig. 574). L'homme de 1799, avec des favoris et des cheveux coupés court, en habit vert ou bleu taillé pour son corps, en pantalon ou culotte longue, annonçait le costume simple et élégant du XIX^e^ siècle. Les femmes aussi, depuis l'an III, s'étaient laissées aller à bien des extravagances dans leur habillement. Le goût fut dirigé par l'anglomanie et l'engouement de l'antique. Dans le principe, en effet, tous les objets d'ajustement, tels que bonnets, chapeaux, turbans, châles, spencers, pour faire honneur à celles qui les portaient, durent être à l'anglaise. Les bonnets d'alors, surmontés d'un énorme nœud de ruban, encadraient la chevelure, dont les boucles nombreuses couvraient presque le front et retombaient des deux côtés du visage (fig. 575). Quant aux chapeaux, ils se composaient d'une avance par devant, laquelle était par moments imperceptible et d'autres fois prolongée outre mesure. Ces exagérations de la mode plaisaient surtout aux *Merveilleuses*, femmes qui, dans leur genre, faisaient pendant avec les Incroyables. La Merveilleuse de 1796 a été caricaturée par Carle Vernet, avec un chapeau sous l'avance duquel on a peine à trouver sa figure. Quelques femmes se coiffaient aussi du turban. M^me^ de Staël resta fidèle à cette coiffure pendant de longues années (fig. 576). Pour ce qui est des châles, ils restèrent ce qu'ils avaient été lors de leur apparition, c'est-à-dire de longues écharpes, tandis que le *spencer*, qui était une veste dégagée très exiguë, ne descendait pas au-dessous de la taille.

La manie du grec et du romain, propagée par l'école de David, fit abandonner l'*anglomanie*. Les plus jolies femmes se promenèrent alors au petit Coblentz et au jardin d'Idalie en perruques grecques, en cheveux à la Caracalla ; elles allaient les bras nus et chaussaient des sandales antiques. Ce fut la vogue des robes de linon à *l'athénienne* et à *la romaine*, décolletées et retroussées jusqu'au genou, des ceintures *à la victime*, des chemises *à la prêtresse*, des manches, maillots et chausses en tricot de soie, des petits fichus roses, etc. On portait aussi des chapeaux *à la glaneuse* et *à la liberté*, des tuniques *à la Cérès* et *à la Minerve*, des redingotes *à la Galathée*, des robes à *la Flore*, *à la Diane*, dont la queue traînante se ramenait à la ceinture. Ces robes, faites dans le seul but de mouler la forme du corps, n'avaient point de poches. Force fut donc aux femmes d'enfoncer leur éventail dans leur ceinture, de loger dans leur sein une bourse mignonne de maroquin, et d'avoir recours à la poche d'un suivant quand elles avaient besoin d'un mouchoir.

Cette mode excentrique donna l'idée de revenir au sac à ouvrage de l'ancien régime ; mais il lui fallait un nom antique, comme celui des robes, et on l'appela *balantine*, du grec *balantion*, ou *réticule*, nom de la gibecière romaine ; et réticule se transforma en *ridicule*, appellation qui se conserva presque jusqu'à nos jours.

Nous terminerons en donnant quelques détails sur le costume militaire. Depuis 1789, le peuple s'était pris

d'engouement pour l'uniforme de garde national. Tout citoyen se sentait fier de porter l'habit bleu à revers blancs accompagné de guêtres longues. Cet habillement, de même que celui des troupes régulières de la Révolution, différait à peine de celui du temps de Louis XVI. Seuls, les corps improvisés affectèrent un faste puéril. « Les volontaires de Paris, selon M. Quicherat, portaient en couleur marron clair l'élégant uniforme des chasseurs à pied, casque, habit, veste, culotte longue et bottines. Ceux de la défense de Mayence ont été caricaturés par un dessinateur de l'émigration. L'officier est représenté dans toute la pompe d'un tambour-major. Il est en frac bleu et à larges pans, et il a, au lieu de culotte, un pantalon à raies roses. Sa coiffure est un casque chargé de panaches. Le soldat est aussi en habit d'officier; mais son frac est vert et son pantalon à raies bleues. Il a sur la tête un colbak à aigrette, coiffure à effet, dont les hussards avaient été décorés un moment, à la veille de la Révotion. »

En 1791, l'armée fut soumise aux nouvelles institutions

Fig. 576. — *Mme de Staël.*

du pays. Les régiments quittèrent alors l'habit blanc à revers de diverses couleurs pour prendre uniformément l'habit bleu à revers blanc. Toutes les compagnies de grenadiers eurent le bonnet à poil. Les officiers, indistinctement, se coiffèrent du chapeau; chaussèrent des bottines, et furent habillés du frac ou habit carré à larges pans. L'uniforme vert fut laissé aux bataillons de chasseurs, ainsi que le casque à chenille rabattue jusque sur la visière. Au lieu d'être en cuir bouilli, il fut en feutre verni, et rendu par là d'autant plus léger. Ce qui faisait écrire à Camille Desmoulins : « On nous dit que les troupes françaises sont sans habits, et ce sont les mieux habillées de l'Europe. »

Pendant les guerres d'Italie, on revint à un luxe qui rappelait le temps de Louis XIV. L'habit des hussards fut couvert de passements, on rendit aux grenadiers le bonnet à poil surchargé de tresses, comme l'avait été celui des ci-devant gardes françaises. Enfin, en Egypte, des régiments furent habillés en bleu de ciel, d'autres en rose, d'autres en couleur de café au lait et même en jaune soufre.

Il ne fallut rien moins que le retour de Bonaparte en France, pour faire triompher dans le costume les idées d'ordre et de convenance. Depuis le Consulat, de nouvelles modes adoptées ont été dues à l'influence étrangère ou à des caprices passagers. Les chapeaux des

femmes ont été empruntés aux Anglaises, mais bientôt perfectionnés par le goût français. On porta quelque temps des bottes à la russe, à la suite des invasions de 1815. « En s'en tenant aux généralités, explique M. Chéruel, on peut dire que, depuis la Révolution jusqu'à nos jours, malgré les nuances infinies introduites par le caprice ou l'intérêt, le caractère dominant a été la simplicité et l'uniformité des vêtements. Toutes les classes se rapprochent par le costume comme par les institutions. A l'exception des circonstances solennelles où s'étalent les costumes d'apparat de l'armée, de la magistrature, de l'université et des administrations, l'égalité se retrouve dans les vêtements comme dans les lois et dans les mœurs. Les culottes courtes, les bas de soie, la poudre, tout ce qui rappelait l'ancien régime a disparu. Ce ne sont plus les classes qui se caractérisent par les costumes, mais les fonctions. On retrouve à la vérité, dans quelques campagnes, des modes traditionnelles : tout le monde connaît le béret des Basques, la large ceinture et les pantalons flottants des Bretons, le bonnet pyramidal des Cauchoises, etc.; mais ces types se perdent chaque jour, et, sans exagération systématique, on peut voir dans cette uniformité du costume un résultat de l'unité française. A ce point de vue on se console facilement de la disparition de quelques modes pittoresques. Il ne reste plus guère qu'une distinction qui résiste à toutes les révolutions, c'est celle que les esprits délicats doivent au goût et au sentiment d'une élégance sans recherche. » — S. B.

Bibliographie : Jules Quicherat : *Histoire du costume en France*, 1875; Ferd. Seré : *Histoire du costume et de l'ameublement en Europe*, 1852; Willemin et Pottier : *Monuments français inédits*, pour servir à l'histoire des Arts, des Costumes, etc., 1806-1833; Charles Louandre : Les Arts somptuaires. *Histoire du costume et de l'ameublement*, 1857-58; H. de Viel-Castel : *Collection des costumes, etc., pour servir à l'histoire de France, depuis le commencement du V^e siècle jusqu'à nos jours*, 1827-1832; Camille Bonnard : *Costumes des XIII^e, XIV^e et XV^e siècles, extraits des monuments les plus authentiques*, 1829-1830; Comte de Bastard : *Costumes, mœurs et usages de la cour de Bourgogne, sous le règne de Philippe-le-Bon;* G. Demay : *Le costume d'après les sceaux;* A. Challamel : *Histoire de la mode en France, La toilette des femmes*, 1875; E. de la Bédollière : *Histoire de la mode en France*, 1858; Adrien Pascal : *Histoire de l'armée et de tous les régiments*, texte et pl., 1860; Chéruel : *Dictionnaire des institutions, mœurs et coutumes de la France*, article *Habillement*, 1874; Ed. Fournier : *Le vieux-neuf*, article *Modes*, 1877; Ch. Blanc : *L'art dans la parure et dans le vêtement*, 1876; *Revue britannique : Du costume au point de vue de l'histoire, du goût et des arts*, 1847; Union centrale des Beaux-Arts appliqués à l'industrie : *Catalogue du Musée historique du costume*, 1874; F. Villepelet : *Du luxe des vêtements au XVI^e siècle*, Périgueux, 1869; Garsault : *L'art du tailleur*, contenant : le tailleur d'habits d'hommes, les culottes de peau, le tailleur de corps de femmes et d'enfants, la couturière et la marchande de modes, 1709; De Savigny : *Traité contre le luxe des parures et le luxe des habits*, 1779; *Recherches sur les vêtements des hommes, particulièrement sur les culottes*, augmentées de notes et de gravures, 1803; Francisque Michel : *Recherches sur le commerce, la fabrication et l'usage des étoffes de soie, d'or et d'argent en France, pendant le moyen âge*, 1852-54; *Cravatiana*, ou traité général des cravates, considérées dans leur origine, leur influence politique, physique et morale, leur forme, leurs couleurs et leurs espèces, 1823; le baron de l'Empesé : *L'art de mettre sa cravate*, 1828; *Histoire physique, anecdotique et critique de la cravate et du col*, 1854; Jules Renouvier : *Histoire de l'art pendant la Révolution*, ch. *Costume*, 1863; Gibelin : *De l'origine et de la forme du bonnet de la liberté*, 1794; Spire Blondel : *Recherches sur les couronnes de fleurs*, 1876; *Consolation aux dames sur la défense des passemens, points-coupés et dentelles*, 1703; *Le caleçon des coquettes du jour*, 1763; *Blason des basquines et des vertugales*, 1563; Chevalier de Nisard : *Satire sur les cerceaux, paniers*, etc., 1712; A. de la Fizelière : *Histoire de la crinoline au temps passé*, 1859; Hip. Cocheris : *Patrons de broderies, dentelles et guipures*, introd., 1873; *Histoire de la dentelle*, 1843; Oct. Uzanne : *L'ombrelle, le manchon et le gant*, 1883.

COSTUMIER, IÈRE. *T. de mét.* Celui, celle qui confectionne des costumes de théâtre, de cérémonie, etc.

COTANGENTE. Tangente du complément d'un angle, ou bien encore rapport du cosinus d'un angle à son sinus.

COTÉ (Plan). *T. de géom.* Mode de représentation des surfaces qui est appliqué principalement dans les levés typographiques et les études de fortifications. Les points à représenter sont alors désignés par leur projection sur le plan du dessin, projection à côté de laquelle on inscrit en chiffres une *cote* donnant leur élévation au-dessus ou au-dessous de ce plan. — V. Plan coté.

CÔTE. *T. techn.* Fragment de pierre ou de marbre servant aux incrustations. || *T. d'arch.* Saillie qui divise et orne la surface concave d'une voûte sphérique, ou la surface convexe d'un dôme.

***CÔTELÉ.** *T. de tiss.* Etoffe à côtes fines et rapprochées, qu'on désigne également sous le nom de *milleret* ou *mille-raies*. L'armure de l'un des plus jolis côtelés connus, parmi les articles classiques de ce genre, comporte 6 fils et 4 duites. Il exige 6 lames et 4 pédales, au montage.

CÔTELINE. *T. de tiss.* Petite rayure convexe qu'on obtient par un effet de croisement. || Sorte d'étoffe à petites côtes.

***COTERET** ou **COTRET.** *T. de tapiss.* Nom des pièces de bois qui portent les ensouples dans le métier de haute lisse.

CÔTES. *T. de tiss.* Effets longitudinaux et parallèles, plus ou moins larges, plus ou moins bombés, qu'on obtient de différentes manières. Les côtes peuvent n'être que de simples lignes saillantes, dont la convexité est le résultat de combinaisons de croisements ingénieusement conçus. Elles peuvent se présenter aussi sous forme de houppes ou cordes veloutées plus ou moins serrées, plus ou moins rondes, provenant de l'incision exécutée au sommet de brides disposées *ad hoc* dans le tissu, et ce, à l'aide d'un couteau muni d'un guide, comme dans les velours de coton d'Amiens, que l'on coupe longitudinalement sur table, après tissage. — V. Velours de coton.

COTHURNE. *Ant.* Chaussure dont se servaient les acteurs tragiques chez les Grecs; elle avait une semelle très haute pour donner une taille avantageuse, et laissait le dessus du pied à découvert; un lien, attaché à la semelle, passait entre l'orteil et les autres doigts, et se divisait ensuite en deux bandes serrées autour de la jambe. Le cothurne, qui était l'opposé du *brodequin*

chaussé par les acteurs comiques, devint la chaussure des rois, des magistrats et des gens riches et opulents.— V. CHAUSSURE.

* **COTICE.** *Art hérald.* Pièce honorable qui a la moitié ou le tiers de la bande en largeur.

* **COTICÉ.** *Art hérald.* Se dit de l'écu, lorsqu'il est rempli de cotices alternées de métal et de couleur.

COTON. Bourre végétale qui, formée de filaments longs, fins, soyeux et tenus, enveloppe les semences du *cotonnier*. — V. ce mot.

Il n'est pas aujourd'hui une matière première qui donne lieu à un plus grand mouvement d'affaires que le coton. Ce précieux textile figure pour une très large part dans le costume et l'ameublement de toutes les classes de la société ; et le travail qu'il exige fait vivre des populations nombreuses dans presque tous les pays du monde. C'est par millions qu'il faut compter ceux qui le cultivent, en font le commerce, le transportent par les voies de terre et de mer, le filent, le tissent, l'impriment ou le teignent. A ces chiffres déjà si élevés il faut ajouter une autre armée de travailleurs presque aussi considérable, comprenant ceux qui construisent, montent ou dirigent les navires et autres véhicules de locomotion devant suffire à cet immense trafic ; ceux qui fabriquent les machines de tant d'espèces que nécessitent les transformations du coton, ceux qui extrayent et façonnent le fer nécessaire à leur construction et la houille nécessaire à leur marche, etc. Aussi, pour résumer d'un mot la puissance que cette marchandise par excellence exerce, aujourd'hui, sur la richesse et la condition de la plupart des peuples civilisés, les Anglais l'ont-ils honorée du nom fastueux de Roi Coton, *the King Cotton.*

— L'usage du coton remonte à la plus haute antiquité ; des dissertations archéologiques très approfondies permettent de penser que certains tissus désignés dans plusieurs passages de la Bible et des Livres saints n'étaient autre chose que du coton. Dans un mémoire présenté à l'Académie des sciences, M. Rouelle dit que les toiles qui enveloppent les momies et les oiseaux embaumés et qui sont sans matière résineuse, sont en coton. D'autres observateurs confirment cette assertion. Hérodote, dans le livre II de son histoire, est très explicite sur l'usage du coton chez les Egyptiens. Les termes dont se servent Théophraste, Strabon et Pline permettent également de supposer que, de leur temps déjà, la confection des étoffes de coton dans certaines contrées, l'Inde et l'Egypte surtout, était assez avancée pour qu'on la juge contemporaine des temps bibliques.

L'usage du coton fut connu dans la Grèce et l'Italie au commencement de l'ère chrétienne ; mais ces nations, encore peu industrieuses, ne paraissent pas avoir acclimaté chez elles le précieux arbuste. Des tentatives ont dû être faites en Espagne, aux environs de Séville, vers le IIe siècle, mais cette culture ne paraît pas avoir eu de suite sérieuse dans le pays et l'usage des cotonnades ne s'y est propagé que du IXe au Xe siècle, à la suite de l'occupation de l'Espagne par les Sarrazins ; le tissage des étoffes de coton commença dès lors à s'y introduire. — En Chine, au contraire, où l'importance énorme de la culture du cotonnier et de la fabrication des cotonnades ne peut être mise en doute, cette fabrication ne s'est véritablement propagée que depuis le XIIIe siècle, d'après les témoignages des missionnaires.

Les premiers vêtements de coton signalés en Europe comme des objets précieux datent à peu près des croisades ; ils figuraient alors dans les testaments avec les autres valeurs importantes. Mais les indications que l'on trouve à ce sujet dans les mémoires du temps sont plutôt des éléments historiques sur l'existence des fabriques de coton en Orient, et des indices d'un commencement de mouvement commercial, que des preuves de la fondation de l'industrie cotonnière en Europe ; aussi les ordonnances du XIVe siècle concernant les droits d'entrée dans le royaume et dans les villes de France, mentionnent-elles à peine les toiles de coton. Venise, directement en rapport avec les pays situés à l'Orient et au Midi de la Méditerranée, paraît cependant avoir commencé à tisser les étoffes de coton dès les premières années du XIIIe siècle.

Une première application du coton fut faite à la fabrication de la futaine, à Rouen en 1534, à Lyon en 1580, et à Troyes en 1582 ; néanmoins, la cherté du coton et des cotonnades était excessive et ce genre d'industrie se propageait bien lentement. C'est pendant le règne de Louis XIV, et sous l'administration de Colbert, que l'industrie du coton prit une certaine consistance en France. Une ordonnance de 1664 fixe les droits d'entrée et de sortie des cotons, tant en laine qu'en graine et en filés. Malgré ces droits très élevés, en 1748, moins d'un siècle après, il entrait en France plus de trente espèces de coton venant des Echelles du Levant à Marseille, et quelque peu d'extra-fin des Antilles.

En Angleterre, les premiers essais dans la fabrication des tissus de coton remontent peut-être un peu plus haut qu'en France, mais l'époque du développement industriel du travail du coton paraît être la même dans les deux pays. « En 1685, dit Macaulay, le coton était apporté depuis un demi-siècle de Chypre, de Smyrne à Manchester » ; mais l'industrie manufacturière y était dans son enfance ; la somme totale des importations annuelles ne s'élève pas, à la fin du XVIIe siècle, à 2 millions de livres sterling, quantité qui ne suffirait pas, de nos jours, à la demande de 48 heures.

La découverte du cotonnier en Amérique remonte aux premières expéditions de Christophe Colomb, Magellan, Drake, Cavendish et autres navigateurs célèbres. Fernand Cortez le trouva au Mexique et envoya au roi Charles-Quint des étoffes d'une grande finesse fabriquées avec la soie de cette plante. Même aussi loin vers le Nord que Meschacébé (Mississipi), disent les chroniqueurs de cette époque, les premiers explorateurs trouvèrent le cotonnier croissant en abondance ; toutefois, l'époque précise de l'origine de sa culture, dans le territoire dont se composent aujourd'hui les Etats-Unis, n'est pas exactement déterminée. C'est un fait constant qu'en 1736 le coton y était cultivé comme plante de jardin jusqu'au 39e degré de latitude nord. Quarante ans plus tard, il fut introduit dans le Maryland ; d'autre part, les relevés de la douane de Charleston portent que de novembre 1747 à novembre 1748, il avait été exporté de cette ville sept balles de coton ; en 1770 l'exportation fut de 1,000 kilogrammes ; en 1784, 10,000 kilogrammes. Pendant les années 1795 et 1796, diverses variétés y furent introduites de différentes parties du monde ; enfin vers la même époque, ce produit commença à devenir une des principales récoltes de cette région (l'exportation annuelle dépasse actuellement 700,000,000 kilogrammes) et l'un des éléments les plus puissants de sa prospérité.

En résumé, dans la dernière moitié du XVIIIe siècle, après les grandes inventions d'Hargreaves, Arkwright, Crompton, Cartwright, le commerce et la fabrication du coton prennent une extension dont l'histoire ne fournit pas un second exemple et qui dépasse les prévisions que les économistes les plus audacieux auraient osé rêver il y a soixante ans.

Caractère des fibres. Le coton peut être considéré chimiquement comme de la cellulose presque pure, et en effet il donne à peine 1 0/0 de cendres lorsqu'on le brûle. Il donne à l'analyse :

Carbone	42.11
Oxygène	52.83
Hydrogène	5.06
	100.00

Sa densité varie entre 1,47 et 1,50.

Les filaments observés au microscope se présentent sous forme de tubes coniques, aplatis et transparents, ils sont plissés dans différents sens et surtout longitudinalement ; souvent ils sont tordus en hélice, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. L'aplatissement est sans doute l'effet de la dessiccation et il est probable qu'il n'existe pas avant la récolte ou du moins avant la maturité et il n'a pas lieu sur toute l'étendue des filaments. Ces tubes sont plus ou moins diaphanes à sec, mais dans l'eau ils sont d'une transparence parfaite et les plis longitudinaux qu'on y remarque disparaissent en grande partie par l'effet de l'humidité. La fibre de coton est généralement un peu raide à l'état sec et d'une très grande souplesse à l'état humide ; quant à la finesse des fibres, il est difficile d'en préciser au juste la raison à cause des variations très sensibles qui existent entre les fibres d'une même espèce.

M. J. Heilmann qui le premier, fit des expériences sur la finesse des différentes sortes de cotons, arriva aux résultats suivants :

Géorgie, L/s	85	brins par millimètre carré.
Jumel	72	— —
Bourbon	72	— —
Louisiane	65	— —
Cayenne	60	— —
Carthagène	60	— —
Géorgie, C/s	60	— —
Guadeloupe	55	— —
Surates	55	— —

M. M. Alcan, le regretté professeur du Conservatoire des Arts-et-Métiers, dans les expériences qu'il reprit à ce sujet, arriva à des résultats qui concordent sensiblement avec les précédents.

Pour se rendre compte de la force des fibres, M. Heilmann a déterminé les poids nécessaires pour rompre un fil de numéro donné et a compté le nombre de filaments contenus dans le fil essayé ; de là il a déduit la force d'un brin de coton. Voici les résultats obtenus :

Louisiane	2 1/2	grammes.
Géorgie, L/s (longue soie)	3 1/3	—
Géorgie, C/s (courte soie)	4 1/5	—
Jumel	4 1/3	—

Ces chiffres ne doivent être considérés que comme approximatifs, car ils indiquent la force des fibres après le filage ; c'est-à-dire lorsqu'elles ont subi les diverses manutentions de la filature et que la torsion a augmenté leur résistance. Pour avoir des données certaines, il faudrait que les essais fussent faits sur des brins bruts et isolés.

STATISTIQUE.

Lieux de production et classification des cotons. Les différents lieux de production sont :

Les *Etats-Unis* qui produisent :

1° Le coton Géorgie longue soie (*Sea-Island*), produit d'une plante importée aux Bahamas, de l'île d'Anguilla (Antilles anglaises), où elle avait été introduite de Persé; elle fut apportée en 1786 seulement en Géorgie et sur la côte de la Caroline du Sud ; ses filaments sont très longs (35 à 50^{m}/^{m}), élastiques et brillants, très soyeux, d'une grande finesse et d'un blanc beurré ; ils adhèrent à peine aux graines noires et lisses. C'est le coton le plus estimé de tous. Les îles de Taïti et de Fiji en Océanie, ainsi que l'Australie produisent également depuis peu des qualités de Géorgie L/s supérieures comme longueur, mais inférieures comme propreté ;

2° Le Géorgie courte soie, de même provenance que le précédent, croît dans les hautes terres (d'où le nom de *Upland qui lui est donné quelquefois*) ; il est blanc, parfois jaunâtre, très inférieur au précédent ; ses fibres ont une longueur de 18 à 25 et 30^{m}/^{m} ; il se rapproche assez des cotons Louisiane ;

3° Les Louisiane, New-Orléans, Mobile, Alabama, etc. sont des cotons blancs, le premier quelque peu supérieur aux suivants ; ils sont généralement très homogènes, soyeux et assez nerveux ; les fibres ont une longueur de 25 à 30 millimètres.

Les lieux de production de l'*Amérique du Sud* sont :

1° Bahia, Maragnan, Fernambouc (28 à 40 millimètres). Les Bahia sont les plus fins et les plus soyeux ; les cotons de ces trois espèces sont nerveux et d'une teinte assez blanche ;

2° Rio-Janeiro, coton brunâtre très inférieur ;

3° Cayenne, un peu plus blanc que le précédent ; ses fibres ont une longueur de 28 à 36 millimètres ; il est peu homogène, mais tenace et très flexible ; il est moins nerveux que le Bahia ;

4° Surinam, semblable au précédent, jaunâtre et assez homogène ;

5° Demerara et Berbice ont des soies courtes de 23 à 27 millimètres, très sales, tantôt blancs, tantôt jaunes ;

6° Caracas et Giron, fibres de 30 à 35 millimètres sont des cotons jaunâtres assez fins ;

7° Carthagène, coton gros, peu nerveux, assez difficile à nettoyer ; fibres de 30 à 35 millimètres.

Dans le *Levant* et l'*Europe méridionale* :

1° Souboujeac, le plus beau coton du Levant, essentiellement blanc et généralement plus propre que les autres ; ses fibres ont une longueur de 18 à 25 millimètres ;

2° Kireagah, semblable au précédent, mais beaucoup plus sale ;

3° Smyrne, très blanc, court, fibres de 16 à 20 millimètres ;

4° Macédoine, assez vrillé, blanc et court, fibres de 16 à 20 millimètres ; le Salonique est le meilleur de tous les cotons de Macédoine ; il y en a deux espèces : le Salonique indigène, court, assez fort, fin et blanc ; et le Salonique d'Amérique un peu plus long ;

5° Trébizonde, coton très court, peu fort et peu fin, d'une teinte généralement jaunâtre, fibres de 16 à 20 millimètres ;

6° Naplouse, Jaffa, Beyrouth, Saint-Jean-d'Acre, cotons très courts, peu fins, assez forts et assez blancs ;

7° Tarsous, soies très courtes, grosses, faibles ;

8° Idelep, semblable au précédent ;

9° Lattaquié, également, mais un peu plus fort ;

10° Dardanelles, soies courtes, peu fines, faibles, blanches, douces au toucher ;

11° Malte, coton à soies courtes, peu fines, assez fortes, assez blanches ;

12° Grèce, coton à soies courtes, peu fines, peu fortes, un peu blanches ;

13° L'Italie produit également des cotons assez estimés qui se consomment dans le pays même. Les fibres ont une longueur de 23 à 30 millimètres. Ces cotons sont : le Castellamare, peu blanc, soies un peu longues, assez fines ; les cotons de la Pouille et de Branca-Villa sont plus courts, moins fins et moins blancs que les précé-

dents; le Terra-Nuova, encore plus court, moins fort, moins fin et moins blanc que le précédent.

L'*Algérie* produit des cotons L/s très forts, de teinte beurrée, provenant de graines de *Sea-Island*. Les courtes soies sont blanches et fortes.

L'*Egypte* produit des cotons appelés Jumel provenant de graines de Sea-Island, importés en Egypte par un Français du nom de Jumel; ce coton a des soies fines, fortes, remplaçant dans beaucoup de cas le Géorgie L/s. Dans les qualités inférieures, il est un peu jaunâtre et rude au toucher. Les bonnes qualités sont, au contraire, très soyeuses. Ce coton est bon à peu près à tous les emplois. Longueur de fibres 30 à 42 millimètres.

Le *Sénégal* produit un coton assez nerveux, longueur de fibres, 18 à 25 millimètres.

Les *Indes orientales* produisent une très grande variété de cotons, dont les principales qualités sont :

Broach	Jambooser, bonne soie, sorte la plus estimée des Broach.
	Broach.
	Surate.
Guzerati et Kattiawar	Dhollerah, soie assez fine.
	Mowa, plus sale, plus feuillé que le précédent.
	Vrawul, bonne soie moyenne, coton blanc mais feuillé.
	Mangarol, bonne soie moyenne, coton blanc. mais feuillé.
	Parebemder, bonne soie moyenne, coton blanc, mais feuillé.
Berar	Hingenhaut, soie assez longue, très fine, le meilleur des cotons indigènes.
	Akoot, coton très ordinaire, inférieur au précédent, } souvent mêlés.
	Oomra-vutée, inférieur à l'Akoot. } souvent mêlés.

Les Kandish et les Bassee passent souvent pour l'Oomra; très courts.

Le Saw-ginned Darwhar, provient de graines américaines cultivées de la même manière qu'aux Etats-Unis, meilleure qualité des cotons produits par l'Inde.

Darwhar	Comptah, bon comme soie, fibres longues et fortes, mais grossières (35 millimètres)
	Vingola, même nature que le précédent, teinte jaunâtre.

Les Scinde et les Kurrachee, cotons nets et réguliers, soies très courtes.

Madras (Western, Northern, Coimbatore)	Grande régularité dans la soie; finesse et teinte uniforme, uniformité dans le rendement.

Salem, soie excellente, longue, fine et nerveuse.

Tinnevelly se rapproche des Dhollerah, soyeux, teinte blanche.

Cocannadah, assez bonne soie, très jaune.

Bengale, se rapproche des Kurrachee, mais généralement inférieur.

Les cotons de l'Inde sont généralement variables suivant les années; aussi n'ont-ils pas un classement bien déterminé, l'un par rapport à l'autre.

Les cotons de la Chine et du Japon sont le plus souvent inférieurs aux cotons de l'Inde, ils sont très courts, très grossiers, mais toutefois plus propres que ces derniers; ils ont une teinte jaunâtre.

Les propriétés utiles du coton sont les suivantes : longueur, finesse, souplesse, force, soyeux, élasticité, régularité de longueur de fibres.

Deux de ces propriétés influent surtout sur la valeur du coton en laine; ce sont la longueur et la finesse. La première est tellement importante qu'elle sert de base à la division des cotons en deux classes : les *longues soies* et les *courtes soies*.

Les filaments les plus longs sont aussi, en général du moins, les plus fins, les plus soyeux, les plus élastiques et les plus forts.

Le tableau suivant donne l'énumération des principaux cotons longues soies et courtes soies :

Longues soies, 25 à 40 millimètres.

Géorgie (long).	Bahia.
Bourbon.	Haïti.
Jumel.	Guadeloupe.
Porto-Rico.	Cuba.
Cayenne (long).	Martinique.
Fernambouc.	Trinité.

Courtes soies, 16 à 25 millimètres.

Louisiane.	Sénégal.
Cayenne (court).	Virginie.
Alabama.	Souboujeac.
Mobile.	Surates, Madras.
Caroline.	Egypte (court).
Géorgie (court).	Bengale.

Certains de ces cotons, ayant cependant une longueur de plus de 25 millimètres, sont rangés dans la deuxième classe; cela tient à ce qu'ils sont de qualité inférieure. On devrait, pour les cotons des Indes (désignés souvent sous le nom général de Surates) et ceux du Levant, établir une troisième catégorie spéciale, celle des très courtes soies; certains de ces cotons n'ont que 10 à 13 millimètres de long.

Marchés de coton. Les principaux ports d'embarquement du coton sont : pour les Indes : Bombay, Calcutta, Madras; pour l'Amérique : les ports des Etats-Unis, New-Orléans, Savannah, Mobile; pour l'Egypte : Alexandrie.

Ce sont les ports de débarquement qui sont les véritables marchés de coton. Ces ports sont : Liverpool, Le Havre, Marseille, Anvers, Amsterdam, Hambourg, Brêmes et Gênes.

Des commissionnaires servent généralement d'intermédiaires entre le planteur et le filateur. Les maisons établies dans les ports qui expédient les cotons en Europe, traitent quelquefois directement avec les filateurs, mais le plus souvent reçoivent les commandes de courtiers établis dans les ports d'Europe. Ces courtiers ont des représentants dans les principaux centres industriels, ce qui suppose trois intermédiaires entre le producteur et le consommateur.

Classement des cotons. I. *Classement à Liverpool* : Cotons des Indes : *ordinary, middling, good middling, middling-fair, fair, good-fair, good*. Fair est courant.

Jumels : même classement; les plus fins sont appelés *fine*. Fair est courant.

Amérique du Nord : *ordinary, good-ordinary, low-middling, middling, good-middling, middling-fair, fair, fine*. Middling est classique.

Amérique du Sud : *ordinary, middling, fair, good-fair, good, fine.*

Pour le Géorgie L/s, on adopte un classement spécial : il se marque par I, II, III, ... VIII^{e} classe. La classe IV est courante.

Ces classements donnés par les courtiers ne doivent pas être regardés comme absolus, car dans certains centres industriels, on peut apprécier plus une qualité qu'une autre; deux cotons parfaitement semblables peuvent dans deux centres différents porter des dénominations spéciales; de même, on peut reconnaître dans deux cotons de la même classe des différences sensibles. Ainsi pour le Louisiane, on a encore le classement suivant : *good, ordinary, strict-ordinary, good-strict, low-middling, strict-low-middling, middling, strict-middling, good-middling, middling-fair, fair, fine.* Pour le Jumel, on ajoute souvent : *fully-good-fair, good-fair* et *fully-fair.*

II. *Classement du Havre.* Les classements du Havre sont moins nombreux et comprennent :

Pour les cotons des Etats-Unis.	*Pour les autres.*
Très bas . . . . . correspondant à ordinary.	
Bas. . . . . good-ordinary.	Middling.
Très ordinaire . . . . . low-middling.	Good-middling.
Ordinaire. . . . . middling..	Fair.
Bon ordinaire. . . . . corresp. à good-middling..	Good-fair.
Bonne marchandise . . . . . fair	Fine.
Choix. . . . . fine	

Marseille est le principal marché de coton du littoral de la Méditerranée, mais il est loin d'avoir l'importance des précédents. Le coton s'expédie en balles fortement comprimées à la presse hydraulique, enveloppées en toile ou en crin, entourées de cordes ou de cercles en fer, et d'un poids qui varie suivant le lieu de provenance, de 100 à 250 et 350 kilogrammes.

Nous donnons ci-dessous, comme exemple, les prix afférents aux différents classements de quelques cotons, au marché du Havre (juin 1883).

	Très bas	Bas	Très ordinaire	Ordinaire	Bon ordinaire	Bonne marchandise	Choix
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Louisiane	60	65	70	72	76	78	82
Mobile. .	60	65	69.50	71	74	77	82
Géorgie .	58	64	68	70	73	76	80

Les cotons des Indes sont cotés ainsi :

	Ordinaire	Bon ordinaire	Bonne marchandise
	fr.	fr.	fr.
Oomra.	48	52	55
Dhollerah.	48	52	55
Madras,.	47	51	53
Bengale	»	40	42

Les prix pour la semaine correspondante de 1882 étaient plus élevés d'environ 8 fr. 25 pour le Louisiane et de 7 fr. 80 pour le Géorgie.

Le total des expéditions et des stocks existant dans tous les ports pour la saison 1882-1883, c'est-à-dire du 1er septembre 1882 au 31 mai 1883, est de 5,774,000 balles contre 4,385,000 balles pour la période correspondante de 1881-1882.

Comme conclusion à cet exposé général sur le coton, nous ajouterons quelques chiffres extraits des documents officiels de la France et de l'étranger, et qui donneront une idée de l'importance du mouvement commercial et industriel auquel donne lieu ce précieux textile.

Les quantités introduites en France et transformées à différentes époques sont les suivantes :

1700. . .	250.000 kil.	1836. . .	34.000.000 kil.
1770. . .	1.600.000 —	1846. . .	48.000.000 —
1787. . .	4.000.000 —	1856. . .	86.000.000 —
1813. . .	8.000.000 —	1859. . .	91.337.353 —
1820. . .	20.000.000 —	1869. . .	124.331.265 —
1825. . .	27.000.000 —	1873. . .	93.739.551 —

La différence de plus de 30,000,000 de kilogrammes entre les chiffres de 1869 et de 1873 est due surtout à la séparation de l'Alsace.

La tableau suivant donne en milliers de balles les chiffres de la production de différents pays :

Pays de provenance	1846-1850	1861-1866	1872	1877
Etats-Unis d'Amérique.	1.711	793	2.036	3.438
Amérique méridionale.	131	201	1.006	149
Inde anglaise	233	1.380	1.696	1.416
Egypte et Turquie..	129	418	513	745
Indes occidentales..	30	73	237	37
Consom. en Europe	2.234	2.865	5.488	5.785

Le poids des balles atteint environ 200 kilogrammes pour les cotons d'Amérique, 285 kilogrammes pour l'Inde anglaise, 290 kilogrammes pour l'Egypte.

M. Alcan donne d'autre part les chiffres suivants :

Quantités de cotons fournies par les divers pays.

Etats-Unis	720.000.000 kilogr.
Indes orientales.	270.000.000 —
Indes occidentales, les îles et la Guyane.	7.000.000 —
Amérique du Sud et Brésil. . .	36.000.000 —
Afrique { Egypte	120.000.000 —
Afrique { Algérie.	3.600.000 —
Contrées méditerranéennes, Naples, Sicile, Malte et Turquie d'Asie.	20.000.000 —
	1.176.600.000 kilogr.

Actuellement, des récoltes de 8 millions de balles sont absorbées par la consommation qui, il y a dix ans à peine, était amplement approvisionnée par une production annuelle de 5 millions de balles.—V. le tableau CONSOMMATION, page 962.

HISTORIQUE ET PROGRÈS DE LA FILATURE DE COTON.

Avant d'entrer dans le détail des différentes opérations que subit actuellement le coton pour sa transformation en fil, et qui ont atteint aujourd'hui un si haut degré de perfection, nous allons passer rapidement en revue les différents essais et les modes divers de traitement successivement employés avant l'emploi, aujourd'hui général, des machines actuelles.

La filature mécanique du coton est d'origine anglaise et son existence compte un peu plus de cent ans. Auparavant le filage se faisait à la main et au moyen de quelques ustensiles élémentaires des plus simples. Une claie ou un filet pour étendre la matière afin de l'épousseter et de la débarrasser des corps étrangers, sous l'action réitérée de baguettes élastiques; la carde à main de la matelassière pour compléter l'épuration des filaments, les redresser et les ranger en nappe, enfin le *fuseau* ou le *rouet* qui les tord et les renvide sous forme de fil obtenu par une série de glissements successifs entre les doigts. On fait remonter généralement l'invention du rouet à l'année 1530, mais on n'a aucune certitude quant au nom de l'inventeur. A partir de cette époque le rouet se propagea promptement et fut complètement substitué au fuseau primitif; jusqu'en 1789, il fut presque le seul engin employé pour la transformation en fil des matières textiles, car quoique l'invention première du métier à filer remonte en Angleterre à 1738, il y avait encore à cette première époque 5000 rouets en usage dans la Grande-Bretagne qui transformaient par an 2,400,000 kilogrammes. En France la consommation s'élevait alors à 600,000 kilogrammes environ.

En 1773, fut ouverte à Amiens la première filature qu'on ait vue en France. Le matériel en machines, qu'on

Consommation de coton brut en ***Europe*** *et aux Etats-Unis, pendant les années 1874 à 1877.*

Pays de consommation	1874	1875	1876	1877
	balles	balles	balles	balles
Grande-Bretagne	3.223.000	3.115.000	3.145.000	2.945.000
France	589.000	607.000	689.000	718.000
Hollande	183.000	205.000	207.000	182.000
Belgique	134.000	178.000	186.000	129.000
Allemagne	472.000	388.000	370.000	222.000
Trieste	116.000	149.000	157.000	157.000
Gênes	65.000	73.000	92.000	97.000
Espagne	193.000	193.000	209.000	193.000
Russie	637.000	654.000	603.000	482.000
Total pour l'Europe	5.612.000	5.561.000	5.658.000	5.125.000
Pour les Etats-Unis	1.313.000	1.190.000	1.362.000	1.439.000
Ensemble	6.925.00	6.751.000	7.020.000	6.564.000

désigne aujourd'hui sous le nom d'*assortiment*, était alors des plus restreint et se composait : du battage à la main, d'une machine cylindrique à carder (V. Carde), et d'un métier de 30 à 50 broches également mu à la main pour filer en gros et en fin. Onze ans plus tard, en 1784, un sieur Martin, d'Amiens, obtint, par arrêt, à titre de premier importateur de machines à filer le coton inventées en Angleterre, le privilège d'établir une manufacture dans le petit hameau de l'Epine (Seine). Peu après, les filatures commencèrent à se répandre dans la Picardie, la Flandre, la Normandie et l'Alsace. Vers 1787, la consommation anglaise s'élevait à 12 millions de kilogrammes et celle de la France à 4 millions de kilogrammes.

Les machines employées alors en Angleterre et qu'on commençait à construire en France, s'étaient rapidement et sérieusement modifiées. depuis surtout l'habile et ingénieuse application d'Arkwright, de couples de cylindres tournant avec des vitesses progressivement accélérées, destinés à remplacer les doigts de l'ouvrière pour produire l'étirage de la matière.

En 1801, un concours fut ouvert par le gouvernement pour juger les meilleures machines à filer le coton. Le rapport des commissaires, inséré au *Moniteur*, donne la composition suivante de l'assortiment de machines qui obtint le prix :

« 1° Une mécanique simple à carder à nappes, composée de cylindres cannelés alimentaires, d'un grand tambour de 865 millimètres de diamètre, surmonté de 9 chapeaux et d'un autre tambour de 325 millimètres, sur lequel agit le peigne.

« 2° Une mécanique double à carder en rubans construite sur le principe de la précédente, et transformant les nappes préparées par la première machine en rubans recueillis dans de grands cylindres en ferblanc.

« 3° Une machine composée de 7 laminoirs à 2 paires de cylindres étirant les rubans venant de la carde dans le rapport de 1 à 4. Trois de ces laminoirs sont munis de 6 lanternes qui par le mouvement de rotation qui leur est imprimé donnent aux rubans un léger degré de tors.

« 4° Un mule-Jenny de 72 broches pour filer en gros par aiguillée de $1^{m},30$. Ce mule-Jenny produit de $11^{k},740$ de fil en gros en 12 heures de travail, propre à former un fil en fin n° 40.

« 5° Un mule-Jenny de 300 broches pour filer en fin par aiguillées de $1^{m},380$. Cette machine a produit dans une première expérience $10^{k},272$ de fil n° 40, en douze heures, et dans une autre $7^{k},338$ de fil n° 74, dans le même laps de temps. » Ces différentes machines étaient disposées pour recevoir le mouvement d'un moteur hydraulique ou de tout autre qu'on voudrait employer. »

Cette description montre que le progrès réalisé pendant une quinzaine d'années, de 1785 à 1801, était relativement immense ; elle fera voir également, par la comparaison avec les machines d'un assortiment actuel, les progrès non moins considérables qui ont été accomplis depuis.

La filature mécanique du coton existait à peine en 1806 quand le décret du 22 février, établissant le blocus continental, réduisit la France à ses propres ressources pour la production des cotonnades, et en moins de 6 ans, il y eut plus de 200 filatures comptant 1 million de broches. Ce fut à partir de cette époque que l'industrie cotonnière prit son élan chez nous. En 1819, on était arrivé à filer du n° 100 ; la consommation s'élevait à 20 millions de kilogrammes et l'outillage mécanique s'était à peu près complété. Néanmoins la filature française était fort en retard sur ce qu'on voyait en Angleterre où la consommation était alors de 62 millions de kilogrammes. Aussi nos voisins, jaloux de garder leur supériorité et de conserver des débouchés aux produits de leurs filatures, ont-ils défendu pendant longtemps, sous des peines fort sévères, la sortie des machines ou des plans qui permettraient de les imiter. Nous rapporterons à ce sujet un fait peu connu. Un Français, M. Charles Albert, avait pris un croquis avec du suif fondu sur son linge de corps déjà repassé et soigneusement plié ensuite, d'un assortiment de métiers de filature, espérant échapper par cet artifice aux recherches vigilantes de la douane, en quittant le territoire britannique. Malheureusement cette fraude fut découverte et M. Charles Albert la paya de plusieurs années de prison.

Depuis cette époque les progrès ont été relativement plus rapides en France que chez nos voisins d'Outre-Manche, et les différences entre les procédés de fabrication et l'habileté des ouvriers se sont effacées tous les jours davantage. On en eut bientôt la preuve. L'enquête ouverte en 1834, à l'issue de l'Exposition nationale, constata que la filature, qui eut à souffrir de la crise commerciale de 1827 et des troubles politiques de 1830, dut attendre jusqu'en 1833 pour se remettre des coups qui l'avaient assez rudement éprouvée. Mais les cotons filés qu'elle exportait alors en assez grande quantité en Suisse, y soutenaient avec avantage la comparaison pour tous les degrés de finesse avec ceux qu'on recevait d'Angleterre Il en était de même à Tarare, où les filés d'Alsace se vendaient jusque dans les numéros lès plus élevés aux mêmes prix que ceux de provenance anglaise. Dès la même époque, diverses simplifications introduites dans la préparation du coton et de nombreux perfectionnements apportés à la construction des machines avaient rendu le travail plus économique ; l'usage des bancs à broches, généralement introduit dans les filatures en remplacement des lanternes et des métiers en gros, avait été une innovation heureuse dans la fabrication des numéros moyens et fins ; les filatures anglaises n'avaient plus alors sur les filatures françaises que l'avantage, considérable il est vrai, du bon

marché relatif des capitaux, du coton, du fer, de la houille ; ce qui ne suffit pas à compenser le prix moins élevé en France de la main-d'œuvre.

Le jury de l'Exposition de 1844 fit ressortir le progrès accompli jusqu'alors en disant que les 58 millions de kilogrammes de coton qui se filaient alors avec 3,600,000 broches, en eussent nécessité, 4,500,000, dix ans plus tôt et que les produits eussent eté néanmoins moins parfaits, moins réguliers et plus chers. L'année 1845 vit surgir une des innovations les plus ingénieuses et les plus considérables qui figurent jusqu'ici dans l'histoire de l'industrie cotonnière : la *peigneuse*, inventée à Mulhouse par M. Josué Heilmann. Nous en parlerons en détail à notre article PEIGNAGE.

L'exposition universelle internationale de Londres en 1851, montre comme une preuve des progrès toujours ascendants dans la filature, des fils de coton amenés à une longueur de 600 kilomètres pour 500 grammes exposés par deux filateurs anglais et un français. Sous le rapport des connaissances industrielles, la France n'avait donc plus rien à envier à l'Angleterre, et le jury international composé en grande partie de membres anglais lui rendait justice entière en constatant la qualité supérieure des cotons filés français et suisses. Les progrès les plus signalés alors dans l'outillage des filatures et dans les moyens employés, furent : 1° l'invention d'une machine française, l'*épurateur* distingué par un *Council Medal* (V. CARDE-EXPRESS) ; 2° la propagation presque générale en Angleterre, du métier renvideur (Self-Acting), c'est-à-dire entièrement automate. L'économie réalisée par l'adoption de ces métiers n'étant pas aussi grande en France, la propagation de ce système y était moins avancée.

L'exposition de 1855 démontra la continuation du mouvement assez lent, mais cependant sensiblement ascensionnel de l'emploi des métiers à filer Self-Acting ; ils avaient alors 500 broches (on est arrivé à construire aujourd'hui des métiers de 1,200 broches).

Les expositions qui ont suivi celle de 1855, tant en France, qu'à Londres, Vienne et Philadelphie sont trop près de nous pour que nous en passions la revue dans cet aperçu historique. Elles ont surtout montré de nombreux et importants perfectionnements de détail dans la construction des machines, mais on n'a eu à y signaler peu de machines nouvelles et aucune nouvelle invention capitale dans l'industrie de la filature. Les machines employées depuis lors sont encore en usage aujourd'hui, et nous étudierons chacune en détail en décrivant le traitement actuel du coton.

Rien n'est plus propre, comme conclusion, à résumer les progrès accomplis par les filatures de notre pays que d'y comparer la production par broche à diverses époques. Nous avons résumé cette production dans le tableau suivant en prenant pour type la chaine n° 28 coton Louisiane. Le poids de coton filé dans un même temps varie avec sa qualité et sa finesse, ce qui rend nécessaire de ne comparer entre eux que des produits pris dans les mêmes conditions ; mais la progression que nous indiquons aurait pu se constater sur tout autre filé choisi comme type.

Années	Heures de travail par jour	Production par jour en décagrammes	Production par an en kilogrammes	Prix par kilogramme	Prix du coton brut	Façon et bénéfice
1815	13	1.5	4.50	25 22	14 87	10 35
1825	13	2.6	7.80	(1819) 12 79	4 82	6 97
1835	13	3.55	10.65	» »	» »	2 45 façon seule
1845	13	5.00	15.00	2 83	1 54	1 29
1855	12	5.70	17.10	(1851) 3 81	2 »	1 18 façon seule
1865	12	6.00	18.00	» »	» »	» »

En 1835, le prix de façon était de 2 fr. 45 et l'on comptait en moyenne une personne pour 50 broches (machines de préparation comprises) avec un rendement de 35 grammes environ par broche et par jour. Actuellement un ouvrier suffit pour 150 broches et au delà, et le prix de façon est descendu au-dessous de 1 franc (0 fr. 76 à 0 fr. 85). Il s'ensuit que dans une période de quarante ans, les résultats ont doublé et la coopération de la main-d'œuvre a été réduite au tiers de ce qu'elle était. Les éléments de ce progrès sont complexes et appartiennent en partie aux améliorations considérables apportées aux moteurs hydrauliques et à vapeur, et en partie à celles introduites dans le mobilier industriel ; une part doit en être attribuée certainement aux efforts persévérants et à l'habileté de nos industriels, en vue d'arriver à une organisation plus parfaite des établissements et à un aménagement rationnel des machines pour empêcher les fausses manœuvres et les déplacements inutiles de la matière, d'une transformation à l'autre. On pourra mieux les apprécier dans les détails qui vont suivre sur les opérations diverses de la filature.

INDUSTRIE DU COTON.

EGRENAGE. Après la récolte, et avant d'être mis en balles, le coton doit être débarrassé des graines qui se trouvent au milieu du duvet et qui, comme nous l'avons vu, sont plus ou moins adhérentes. Cette opération se désigne sous le nom d'*égrenage* ; elle a été pendant longtemps pratiquée à la main ; elle était très longue et très dispendieuse, car un homme arrivait à peine à égrener 500 à 600 grammes de coton par jour. Ce n'est que devant les exigences croissantes de la production et de la consommation qu'on a cherché à substituer au travail manuel l'action des machines. Les premières employées étaient fort élémentaires et ne constituaient qu'un progrès relatif, car la production en était encore très réduite : 20 à 25 kilogrammes par jour ; aussi n'y a-t-il qu'une voix pour reconnaître l'immense service rendu au commerce américain et à l'industrie du monde entier par l'américain Elie Whitney, imaginant, en 1794, le *Saw-Gin*, la première machine à égrener qui ait obtenu un succès durable et qui est encore aujourd'hui généralement employée pour les cotons à fibres courtes. Nous décrirons dans un article spécial les diverses machines employées pour l'égrenage du coton. — V. EGRENAGE.

Le rendement de coton égrené est de 1/3 ou de 1/4 du coton brut, suivant les pays, les qualités de coton et les machines employées. Le coton égrené avec la machine connue sous le nom de Mac-Carthy porte le nom de « *machiné* » et se paie un peu plus cher que le coton passé au Roller-Gin qui est désigné sous le nom de *coton roulé*.

Dans la plupart des plantations, après l'égrenage, le coton subit une sorte de nettoyage dans une caisse dont le fond est en toile métallique, afin de laisser échapper les poussières. Cette opération a pour but d'enlever le sable et de donner au coton une apparence meilleure. Enfin le coton est épluché, ce qui est pour le planteur un travail fort dispendieux, qui consiste à enlever à la main toutes les parties tachées, ainsi que les corps étrangers qui ont échappé à l'égrenage. Après ces diverses opérations il est mis en balles, plus ou moins comprimées, au moyen de presses hydrauliques qui réduisent leur volume de telle manière que le poids du mètre cube soit de 400 à 600 kilogrammes.

Traitement du coton. C'est dans cet état que le coton arrive pour être mis en œuvre dans les manufactures; nous décrirons en détail, dans des articles spéciaux, les différentes machines et procédés employés pour la transformation de la matière *en fil* et *en tissu* ; nous donnerons néanmoins ici un aperçu des différentes opérations nécessaires pour cette transformation ; il suffira pour montrer les difficultés que l'on a eues à vaincre et qui ont été résolues, et tous les points si ingénieux et si curieux du travail des machines qui font de la filature mécanique du coton, nous ne craignons pas de le dire, le spécimen le plus complet et le plus avancé du travail automatique.

Nous donnerons une première idée de la précision merveilleuse du fonctionnement des machines et de la difficulté du problème résolu en définissant le but de la filature : transformer 500 grammes de filaments de coton, de 2 à 4 centimètres de longueur élémentaire en un fil de moins de 1 jusqu'à 600 kilomètres de long (1), flexible, élastique, d'une ténuité souvent extrême, d'une homogénéité parfaite, d'une section constante sur toute sa longueur, d'une tenacité maxima par rapport aux qualités de la matière et invariable sur tous les points de sa longueur.

Les opérations que nécessite la filature du coton peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

1° *Déballage, emmagasinage* et *conditionnement* convenable; 2° *ouvrage* et *battage;* 3° *cardage, réunissage, peignage;* 4° *étirage* et *doublage* sans torsion ; 5° *étirage* et *doublage* combinés avec la torsion ; 6° *filage;* 7° *titrage* ou *numérotage;* 8° *vaporisage;* 9° *empaquetage.*

Les opérations de la filature proprement dite s'arrêtent ici ; les fils à coudre, certaines chaînes spéciales, les cotons dits *câblés*, nécessitent encore d'autres opérations complémentaires, entre autres :

10° *Retordage ;* 11° *lustrage.*

1° L'état dans lequel le coton arrive aux usines varie considérablement, suivant son origine ; ceux d'Amérique et surtout des Etats-Unis sont plutôt en général trop secs que pas assez. Les balles de l'Inde, plus comprimées que les précédentes et d'une apparence sèche, contiennent au contraire une quantité d'humidité notable, parce que le coton a été mouillé extraordinairement avant l'emballage pour pouvoir réduire le volume des balles; l'humidité est telle qu'il serait presque impossible de transformer ces fibres si on ne les soumettait au préalable au *séchage.* On arrive à un degré de dessiccation convenable en laissant séjourner les balles pendant quelque temps, avant de s'en servir, dans un magasin bien aéré. On compte généralement que ce magasin doit pouvoir contenir un approvisionnement de 14 balles pour 1,000 broches.

2° *Ouvrage et battage. Ouvrir le coton* veut dire imprimer manuellement ou mécaniquement aux fibres une certaine agitation, pour faire foisonner la masse comprimée à l'emballage et pour la débarrasser, en partie du moins, des corps étrangers et de la poussière. — V. Battre les cotons (Machine à).

3° Le *cardage*, tout en continuant le travail d'épuration commencé par les opérations précédentes, est destiné en outre à développer les fibres, à les disposer aussi parallèlement que possible et à leur imprimer un commencement d'étirage ou d'échelonnement par une action de glissement progressif imprimé à la masse. Le *peignage* redresse les filaments, les trie par longueur et les range parallèlement entre eux dans la masse.

4° *Etirage et doublage sans torsion.* A la sortie des cardes, les nappes ou rubans assez volumineux doivent être amenés peu à peu à l'état de rubans fins ou de mèches, au moyen de nouveaux glissements obtenus par leur passage entre des couples de cylindres lamineurs animés de vitesses progressivement accélérées. Au moyen de doublages répétés, on arrive à obtenir une régularité convenable dans le ruban.

5° *Etirage et doublage combinés avec la torsion.* Lorsque le ruban est arrivé à un certain degré d'allongement et de finesse, la cohésion entre les fibres serait insuffisante pour continuer le travail des étirages si on ne consolidait les rubans par une légère torsion. (En Normandie, et pour les numéros ordinaires, on remplace la torsion par la friction.)

6° *Filage.* Le filage également n'est qu'un étirage combiné avec la torsion, mais dans des proportions beaucoup plus grandes que dans les opérations précédentes.

7° *Titrage ou numérotage.* Opération accessoire, mais très importante pour constater le rapport de la longueur au poids, c'est-à-dire le numéro du fil, ou sa finesse.

8° *Vaporisage.* Généralement on soumet les fils de *chaîne* à l'action de la vapeur pour fixer la torsion et empêcher les vrilles de se former pendant le dévidage de la bobine.

9° *Empaquetage.* Soit en caisses, soit en paquets pressés pour faciliter le transport. Les filés anglais sont expédiés en tonneaux, en sacs, en paniers ou autrement, sans beaucoup de soins.

Ouvrage et nettoyage.— V. Battre les cotons (Machine à). Comme nous l'avons dit, le battage s'est, pendant longtemps, effectué à la main. Le moyen employé à cet effet consistait à mettre le coton en couche peu épaisse sur une claie en cordes minces et très tendues; à le frapper, à

(1) Dans les dernières expositions figuraient des fils de 800 kilomètres de long pour 500 grammes.

l'aide de baguettes, jusqu'à ce qu'il fut bien ouvert et à l'éplucher ensuite à la main pour le débarrasser des plus grosses ordures. Ce procédé de battage était fort cher (on comptait jusqu'à 150 ouvreuses et éplucheuses pour 10,000 broches) et si pernicieux à la santé des ouvriers, à cause du dégagement de poussières et de duvets, qu'on avait été conduit à ne les faire séjourner que pendant un temps assez court dans cet atelier, pour les faire passer ensuite dans d'autres parties de la filature. Pour les cotons ordinaires et courts, on a employé les machines à battre dès 1823 : mais il n'en a pas été de même pour les cotons longs et les numéros élevés, car en 1852 on battait et on épluchait encore à la main dans les filatures en fin. Ce n'est qu'en 1854 qu'on a commencé généralement à passer les cotons fins au batteur.

Les premières machines employées étaient fort simples; on les désigne sous les noms divers de *wellows, loups, diables, perroquets,* etc. Le principe d'action de toutes ces machines, comme celui des batteurs actuels, est basé sur la différence entre la densité du coton et celle des matières dont on veut le débarrasser.

Nous voyons d'abord en usage un *loup*, composé d'un arbre armé de denis, disposées en hélice et tournant à l'intérieur d'une enveloppe cylindrique à claire-voie. L'arbre et l'enveloppe sont inclinés. Le coton est introduit dans la machine par une ouverture ménagée à la partie la plus élevée. L'arbre étant en mouvement, les filaments de coton sont séparés, désagrégés par leur passage à travers les dents et, arrivés au bout de l'enveloppe, ils sortent par une seconde ouverture; la poussière est chassée de tous côtés et les corps durs séparés de la masse, tombent sous la machine. Cet appareil était fort primitif et le grand inconvénient du dégagement des poussières existait toujours.

On substitue ensuite au *loup* une machine close et cylindrique : un prisme carré garni de 4 rangées de dents et monté sur un arbre, tourne avec une vitesse de 500 à 600 tours par minute, dans une caisse qui l'enveloppe de toutes parts. Cette caisse porte à sa partie supérieure 3 rangées de dents et son fond est formé d'une grille qui laisse passer les corps étrangers. Le coton est introduit dans la caisse par une ouverture fermant à charnière et en est retiré lorsqu'il est supposé ouvert et nettoyé. Cette machine, ainsi que la suivante, présente beaucoup d'analogie avec celles employées pour le battage de la laine, représentées figures 339 et 340, tome I. Elle garantissait mieux des poussières que la précédente, mais son travail était intermittent.

Le *panier conique de Lelly*, qui est venu ensuite, absorbe les poussières et produit un travail continu. Cette machine se compose d'un cône garni de dents en fer, tournant à l'intérieur d'une enveloppe métallique de même forme et également munie de dents. Le coton, étalé sur une table sans fin, est livré à la machine par une paire de cylindres cannelés; il entre dans le cône du côté du petit diamètre; il est ouvert et nettoyé par son passage entre les dents du cône et celles de l'enveloppe et il est naturellement chassé vers la partie plus ouverte du cône, par suite de la force centrifuge, d'où il sort et est recueilli sur une table sans fin. Le fond de l'enveloppe est à jours, pour livrer passage aux corps étrangers. Cette machine pouvait produire 1,200 à 1,400 kilogrammes de coton par jour.

Ces trois types principaux de machines donneront une idée des systèmes si variés mis en usage avant l'emploi des machines actuelles.

Nous avons donné, à l'article BATTRE LE COTON, les dessins et une description des organes essentiels du batteur en usage aujourd'hui. Le coton subit deux ou trois passages à cette machine, suivant sa nature et son état de propreté. A cet effet, les volants ont deux ou trois règles et la machine comporte un ou deux volants, suivant l'action plus ou moins énergique qu'exige le nettoyage. Le premier passage se fait au *batteur ouvreur* ou *éplucheur*, d'où le coton sort encore en laine; le second, au *batteur étaleur*, où il est recueilli sous forme de nappe enroulée sur un tube en tôle, et le troisième, au *batteur finisseur*, sur la table alimentaire duquel on place, en général, trois rouleaux provenant de la machine précédente, et d'où il sort également en rouleau.

Les ventilateurs, qui aspirent les poussières et autres impuretés à travers les mailles des tambours métalliques, prennent l'air, soit sur les côtés des volants, soit par des ouvertures ménagées à côté des grilles; ils communiquent avec un conduit ou canal souterrain creusé sous la machine et aboutissant à l'extérieur. On le désigne sous le nom de *cave à poussière*. C'est par ce conduit que sont expulsées les poussières aspirées par les tambours métalliques.

Les batteurs étaleur et finisseur sont munis d'un compteur qui arrête les cylindres enrouleurs de la nappe, lorsque le rouleau a atteint la grosseur voulue.

Pour donner une idée du travail de ces machines, nous ajouterons que les volants à deux ou trois règles tournent avec une vitesse de 1,000 à 1,500 tours à la minute; la longueur de nappe livrée est telle (3^{m},90) que le coton reçoit environ 10 coups de règle par centimètre. Au batteur finisseur, ce nombre s'élève à 25, ou à 2 1/2 par gramme.

La production d'un batteur éplucheur est de 1,500 kilogrammes environ par jour; celle des autres peut aller à 1,200 kilogrammes.

Les machines à battre le coton qui agissent sur la matière au moyen de règles rigides ne suffisent pas pour ouvrir et nettoyer les cotons grossiers et fortement comprimés des Indes et les similaires. Il est donc nécessaire d'employer des engins plus énergiques, et de remplacer les règles des batteurs ordinaires par des organes qui pénètrent mieux dans la masse et l'*ouvrent* dans le sens que nous avons donné à ce mot. Les machines employées à cet effet sont les *ouvreuses;* celles le plus répandues sont l'ouvreuse Crighton, qui n'est qu'un Wellow vertical perfectionné, et l'ouvreuse Platt. — V. OUVREUSE.

Les déchets sur l'ensemble des batteurs et des ouvreuses sont d'environ 2 0/0 pour les cotons longue soie, 3 0/0 pour les moyens et 5 à 6 0/0 pour les courts ; ils se composent surtout de boutons, graines, feuilles, etc., qui n'ont que peu de valeur ; ils renferment encore quelques bonnes fibres, qui sont tombées sous les grilles avec les graines. Très souvent, lorsque l'égrenage a été mal fait, les graines et surtout celles de courtes soies qui restent dans le coton sont entourées de fibres qu'elles entraînent avec elles ; lorsqu'un batteur est bien réglé, ce sont pour ainsi dire les seuls filaments qui passent au déchet. Leur valeur dépend surtout du coton qui s'y trouve ; aussi les fait-on souvent passer à une ouvreuse ; ils servent généralement à la fabrication des gros numéros de 4 à 9, ou de l'ouate.

Les batteurs et les ouvreuses sont des machines très dangereuses et qui occasionnent parfois des accidents terribles. On doit prendre les plus grandes précautions dans leur conduite et adopter des dispositions pour empêcher l'ouverture des couvercles pendant la marche, ou la mise en train inopinée pendant le nettoyage ou l'arrêt, et en général, interdire l'accès de tous les organes en mouvement. Nous renvoyons, à ce sujet, aux bulletins des *Associations pour prévenir les accidents de fabrique*.

D'après les premières données que nous avons indiquées ci-dessus, il est facile de se rendre compte que la longueur de nappe livrée par minute aux batteurs reçoit, pour l'ensemble des passages aux différentes machines, 20,000 à 25,000 coups de règle, ou près de 20 chocs pour chaque gramme. « Une des matières les plus délicates supporte donc, dit M. Alcan, une action à laquelle bien des corps plus solides ne pourraient résister ; il suffit de se rappeler la fable *le Chêne et le Roseau* pour s'expliquer cette anomalie apparente. Mais quoique ces filaments, plus ténus encore que le roseau, plient et ne rompent pas toujours, il est évident qu'ils ne peuvent supporter des battages trop répétés sans être fatigués considérablement et sans occasionner un déchet plus ou moins grand. »

Malgré l'immense progrès réalisé par les ouvreuses et les batteurs sur le battage à la main, et le travail satisfaisant de ces machines, on a donc fait de nombreux essais, dont le plus grand nombre infructueux, pour substituer à cette action brutale des frappeurs, règles ou dents, une action moins énergique et tout aussi efficace. Le peignage d'abord effectué par M. Josué Heilmann a très heureusement résolu ce difficile problème pour les longs filaments de la Géorgie, d'Egypte et d'Algérie. Parmi les divers moyens imaginés dans ce but, nous avons déjà cité l'*épurateur ;* nous avons également décrit la machine qui atteint le mieux le but proposé (sans néanmoins supprimer totalement le batteur).—V. Carde, § *Express'carde*.

Cardage, Peignage. Les nappes provenant des batteurs sont placées derrière les cardes qui complètent le nettoyage de la matière, en redressant et en parallélisant les filaments. Nous avons étudié, dans notre article Cardage, le but et les effets de cette opération, ainsi que les machines employées à le réaliser ; nous n'y reviendrons donc pas.

Nous nous réservons de même de traiter dans une étude spéciale, avec l'importance qu'elle mérite, l'opération du *peignage*, qui, pour les filés devant atteindre un certain degré de finesse (numéro 40 et au-delà), vient à la suite du cardage.

Pour les filés ordinaires, le coton, au sortir des cardes, subit deux ou trois passages au *banc d'étirage*.

Etirage et doublage sans torsion. *De l'étirage* L'étirage ou le laminage (le nom l'indique) a pour but de transformer progressivement les rubans ébauchés et plus ou moins réguliers, en rubans plus minces ou mèches aussi régulières et aussi homogènes que possible, dans l'état le plus convenable, pour arriver à former un fil parfait. Comme depuis la sortie des cardes jusqu'à sa transformation dernière en fil, le coton subit à chaque machine une suite d'étirages réalisés par les mêmes organes, nous donnerons quelques généralités sur cette ingénieuse application de l'Anglais Arkwright, qui a été le point de départ de la filature mécanique du coton.

Le problème à résoudre est le suivant : Etant donné un ruban d'une grosseur déterminée et d'une longueur définie, transformer ce ruban en un autre plus fin, d'une longueur plus grande, mais également définie. Il y aura évidemment relation entre la nouvelle longueur obtenue du ruban et sa grosseur, et l'on conçoit, *a priori*, que si la longueur obtenue est double de la longueur primitive, la grosseur du ruban est devenue moitié de ce qu'elle était. En filature, on appelle *étirage* le rapport entre la longueur obtenue et la longueur primitive ; ainsi, dans le cas précédent, l'étirage est de 2.

Actuellement, supposons deux paires de cylindres A et B parallèles (fig. 577), ayant leurs axes deux à deux dans un même plan vertical ; les cylindres

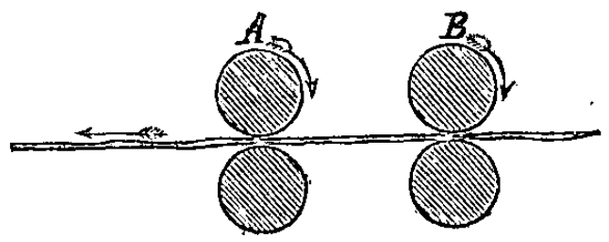


Fig. 577.

tournent dans le même sens, ceux B avec une vitesse deux fois moindre que ceux A, par exemple. Si l'on fait passer un ruban entre ces cylindres, les fibres saisies par A marchent avec une vitesse double de celles qui sont encore maintenues par B, et cela jusqu'à ce qu'une nouvelle série de fibres arrive vers A ; il se produit ainsi un allongement provenant du glissement et de l'échelonnement des fibres les unes sur les autres, un amincissement proportionnel à l'allongement et, en même temps, un redressement des fibres. Si, par exemple, le ruban avait une longueur de 100 mètres et une section de 2 centimètres carrés, sa longueur deviendra 200 mètres et sa section 1 centimètre. Pour que l'opération soit parfaite,

il faut que cette section de 1 centimètre soit la même sur toute sa longueur et que toutes les sections soient composées du même nombre de filaments; comme première condition, il est nécessaire que la distance entre les deux paires de cylindres soit plus grande que la longueur des fibres soumises à l'opération, pour qu'elles ne puissent être saisies en même temps par les deux paires de cylindres; de plus, les distances des filaments, projetés sur un plan normal, doivent être, autant que possible, égales entre elles. Pour arriver à ce résultat avec le plus de précision possible, il faut faciliter cette disposition des fibres dès le commencement du travail et n'opérer l'étirage que progressivement; de là la nécessité d'un certain nombre de machines pour amener graduellement le coton à l'état de finesse voulue.

L'étirage se fait d'autant mieux que les brins sont plus lisses, mieux redressés et débarrassés de tout obstacle, c'est-à-dire que les préparations précédentes ont été mieux faites. C'est le grand avantage qu'a le coton sur un grand nombre d'autres matières textiles, dont la filature présente beaucoup de difficultés; grâce à ses fibres lisses et à son élasticité, l'étirage du coton se fait très facilement.

Si l'on fait subir à un ruban un étirage trop grand, les fibres seront inégalement échelonnées; il y aura des solutions de continuité, des coupures ou des nuances; si l'étirage est trop faible, le redressement des fibres sera incomplet et on n'arrivera pas assez vite à la finesse exigée. La quantité d'étirage est donc contenue dans de certaines limites qui dépendent à la fois de la longueur et de la finesse des fibres. Si l'on n'agit que sur un seul ruban, il sera rapidement affiné, mais non moins rapidement coupé; aussi a-t-on recours au *doublage* pour obvier à cet inconvénient et pour obtenir l'échelonnement convenable des fils. Par *doublage*, on entend la réunion d'un certain nombre de rubans. Si on réunit 6 rubans et qu'on les étire de 6, le ruban obtenu aura une section égale à celle du ruban primitif et une longueur égale à six fois la longueur d'un des rubans. Mais les doublages ont non seulement pour but d'éviter les solutions de continuité résultant des étirages successifs, mais surtout de rendre les rubans homogènes et d'atténuer leurs défauts; on comprend, sans qu'il soit besoin de le démontrer, que par ces additions proportionnelles à l'allongement opéré par l'étirage, les inégalités, grosseurs ou étranglements que peut présenter un ruban, arrivent à être compensées ou à disparaître, et que le ruban final est d'autant plus homogène et régulier que les doublages ont été plus répétés; néanmoins, ces opérations d'étirage et de doublage ne doivent pas être exagérées, car elles finissent par fatiguer les fibres et occasionner des déchets; de plus, elles occasionnent une dépense de main-d'œuvre inutile.

Les passages aux bancs d'étirage des rubans produits aux cardes, a donc plutôt pour but le redressement des filaments et la régularisation des rubans que leur amincissement, car le plus généralement, pour les numéros ordinaires, la grosseur du ruban est encore, à peu de chose près, la même à la sortie du troisième passage qu'à la sortie de la carde. L'affinage du ruban a surtout lieu aux machines suivantes.

Les *bancs d'étirage* sont les machines les plus simples, les plus efficaces et les moins sujettes à changement de la filature; sauf quelques modifications de détail, elles sont aujourd'hui ce qu'elles étaient à l'origine de leur emploi. Elles se composent de la répétition de couples (ordinairement de 4) de cylindres lamineurs à rotation continue. Chacun de ces couples est formé : 1° d'un cylindre inférieur métallique *cannelé* (V. ce mot, § II) doué d'un mouvement direct qui lui est imprimé d'une manière quelconque, en général par une roue droite; 2° d'un cylindre dit *de pression*, parce qu'il est placé tangentiellement sur le premier, contre lequel il appuie par l'effet de poids suspendus à des crochets; ce cylindre est également formé d'un axe en métal, mais garni d'un double manchon en drap ou en flanelle et de peau, afin d'imprimer une adhérence en quelque sorte douce et flexible au coton entraîné par les deux organes.

Dans les machines primitives, le ruban était amené à un degré d'amincissement beaucoup plus grand qu'actuellement; pour lui donner une consistance suffisante, on lui imprimait, au moyen de la rotation du pot dans lequel il est reçu, une légère torsion; ce système, connu sous le nom d'*étirage à lanterne*, est totalement abandonné depuis l'emploi des *bancs à broches*.

On distingue dans les appareils à étirer, en général, la *table* ou partie cannelée d'un cylindre. Une *tête* est la réunion des paires de cylindres entre lesquelles passe le même ruban. Le banc d'étirage comprend la série totale des têtes rassemblées sur le même bâti.

ETIRAGE COMBINÉ AVEC LA TORSION. Après avoir subi les diverses opérations que nous venons de décrire, le ruban de coton est arrivé à une régularité et à une homogénéité convenables, mais il est encore loin du degré de finesse qu'il doit atteindre pour former un fil, car pour un numéro moyen, par exemple, il devra être allongé d'environ 180 à 200 fois sa longueur actuelle. Cet allongement est produit par une série de nouveaux étirages. Pour atteindre plus vite l'affinage voulu, les doublages sont supprimés ou considérablement réduits, mais il est nécessaire alors de remédier au défaut de consistance que va présenter le ruban ainsi subitement aminci. Deux moyens sont employés dans ce but : la friction et la torsion. La friction (que nous verrons également en usage pour la laine) est réalisée au moyen du *rota-frotteur*. Nous laisserons de côté cette machine, dont l'usage est circonscrit à la Normandie, et qui donnera lieu à une étude spéciale pour ne nous occuper ici que de celle qui produit la torsion du ruban en le renvidant : le *banc-à-broches*, la machine classique aujourd'hui universellement employée.

Le banc-à-broches est une des machines les plus ingénieuses et les plus parfaites de la filature. Nous en avons donné une idée générale dans un article spécial, mais nous pensons que le lecteur

nous saura gré de compléter l'étude de cette machine intéresante. Etablie d'après des lois mathématiques, elle fonctionne avec une précision absolue, et il n'est aucune des variations que peuvent présenter les différents traitements de la matière qui n'y soit déterminée rigoureusement par le calcul. Ce n'est que progressivement et après de nombreuses années d'études et d'essais que le banc-à-broches a atteint le degré de perfection qu'il a aujourd'hui et qui semble défier tout nouveau progrès. Avant la création de cette machine, le ruban était affiné, et recevait le tors indispensable, par les *étirages à lanternes*. Mais ce procédé rudimentaire présentait trop d'inconvénients de toute nature, dépenses de main-d'œuvre, pertes résultant des déchets, irrégularité des produits, etc., pour qu'on ne cherchât pas à s'en affranchir et à le remplacer.

Les bancs-à-broches, inventés en 1821, par MM. Coker et Higgins, de Manchester, ont été importés en France quelque temps après par les actionnaires de la filature d'Ourscamp, d'où ils se sont répandus dans toute la France; ils ont même, pendant longtemps, été désignés sous le nom de bancs-à-broches d'Ourscamp. Tout imparfaits qu'ils fussent, ils réalisaient un progrès considérable; on n'y fit aucun changement notable jusqu'en 1826. A cette époque, Houldsworth y appliqua le mouvement différentiel, et céda ses droits de brevet à la maison A. Kœchlin et C^ie^, de Mulhouse, qui répandit rapidement les nouveaux bancs. La nouvelle machine avait, sur le premier système, le double avantage d'une supériorité de construction et d'une production sensiblement supérieure à qualité égale. Divers changements heureux opérés successivement vinrent bientôt corriger les quelques défauts qu'on lui reprochait encore, et le plus important fut la substitution des engrenages aux cordes dans le mouvement des broches et des bobines. En 1840, on applique, en Angleterre, la compression au renvidage des bobines, ce qui a pour résultat de condenser sous un même volume environ trois fois plus de coton, en réduisant ainsi les pertes de temps qu'exigeaient les levées, le bobinage, etc. Cette disposition est elle-même améliorée bientôt par sa réalisation au moyen de la force centrifuge au lieu de ressorts; la simplicité et les bons résultats de cette heureuse innovation firent bientôt renoncer à tous les anciens systèmes, et aidèrent beaucoup à l'extension de ce procédé qui restera comme une des plus belles applications de la physique à la filature.

La théorie du banc-à-broches, telle qu'elle est établie dans les ouvrages spéciaux, semble très ardue et de nature à effrayer le lecteur peu habitué à trouver le calcul et les formules algébriques dans les descriptions de machines. Elle est assez intéressante pour que nous essayions de l'exposer le plus clairement et le plus simplement possible, et elle suffira, pensons-nous, à faire comprendre en même temps la marche de l'ensemble de la machine.

Pour les principes et la disposition générale nous renvoyons à l'article BANC-A-BROCHES.

L'ailette creuse, dans laquelle passe la mèche de coton, est chargée de lui donner la torsion nécessaire; elle a donc une vitesse de rotation uniforme directement transmise par l'arbre moteur. La bobine sur laquelle se renvide le coton, doit avoir, au contraire une vitesse qui varie à chaque couche envidée avec l'augmentation produite de diamètre. C'est donc la *différence* entre le nombre de tours de l'ailette et de la bobine qui produit le renvidage de la mèche délivré par les cylindres cannelés. En d'autres termes, si nous désignons par :

l, la longueur de mèche fournie dans l'unité de temps.

M, le nombre de tours des ailettes (ou des broches) fourni dans l'unité de temps (constant).

U, le nombre de tours des bobines, fourni dans l'unité de temps (variable).

D, un diamètre quelconque de la bobine.

$\frac{l}{\pi D}$ sera le nombre de tours (n) nécessaire au renvidage, ce que nous appellerons la *rotation effective de la bobine*. Les bobines, qui doivent faire, en plus, le nombre de tours exigé pour la torsion, feront donc un nombre de tours total exprimé par : $U = M + \frac{l}{\pi d}$ ou $= M + n$, dans l'hypothèse où la bobine a une vitesse *supérieure* à celle de la broche. Mais le renvidage peut également s'effectuer, si la bobine a une vitesse *inférieure* à celle de la broche; dans ce cas, on a : $U = M - n$ d'où l'on tire : (1) $n = U - M$; (2) $n = M - U$, pour chacun de ces deux cas. Or, abstraction faite des relations différentes de vitesse entre les deux organes, ailette et bobine, le nombre de tours nécessaires au renvidage n doit diminuer à chaque couche proportionnellement aux diamètres successifs de la bobine. Donc M restant constant, pour que n diminue il faudra que :

Dans le cas (1), U diminue.

Dans le cas (2), U augmente.

Le renvidage par spires contiguës le long de la bobine a lieu par l'effet du mouvement vertical alternatif du chariot, qui se déplace à chaque tour d'une longueur égale au diamètre de la mèche de coton. Or, il est facile de concevoir que le développement de chaque spire croissant avec le diamètre, le temps nécessaire pour faire un tour ira aussi en croissant; la vitesse de déplacement du chariot devra donc aller en diminuant.

En résumé, dans tout banc-à-broches, on transmet à la bobine deux mouvements simultanés et variables à chaque couche.

1° Un mouvement de rotation tel que la différence entre ses nombres de tours et ceux de l'ailette diminue à chaque couche en raison inverse des diamètres successifs de la bobine;

2° Un mouvement de translation vertical et alternatif dont la vitesse diminue en raison inverse des diamètres successifs ou croissants de la bobine.

Ces deux conditions sont mathématiquement réalisées dans le banc-à-broches par l'emploi de

deux cônes alternes combinés, et du mouvement différentiel.

Le mouvement différentiel consiste en un assemblage d'engrenages combinés de façon qu'en imprimant à deux roues du système des mouvement séparés et indépendants : l'un, la vitesse constante de l'arbre moteur de la machine ; l'autre, la vitesse variable provenant des cônes, on obtient comme résultante le mouvement d'une troisième roue, composé, soit de la somme, soit de la différence des deux mouvements primitifs. C'est cette troisième roue qui transmet le mouvement aux bobines. Désignons par u son nombre de tours, par m celui de l'arbre moteur, et par v celui de la roue dite *différentielle* qui reçoit la commande variable des cônes.

La formule du mouvement différentiel à roues droites (1) est :

$u=\frac{m}{2}\pm\frac{v}{2}$, et pour celui à roues coniques, $u=m\pm 2v$. Le signe + s'emploie quand les deux roues u et m marchent en sens contraire l'une de l'autre, et le signe moins, quand elles marchent dans le même sens.

Ainsi, en n'ayant pas égard aux nombres de tours, on voit déjà la possibilité de réaliser au moyen du mouvement différentiel, le renvidage dans l'un et l'autre des cas spécifiés ci-dessus, soit que la vitesse de la bobine, soit supérieure ou inférieure à celle de l'ailette.

Si $U=M+n$, on fera marcher les roues v et m en sens inverse et les vitesses s'ajouteront.

Si $U=M-n$, les mêmes roues marcheront dans le même sens et les vitesses se retrancheront; or, dans les deux cas, le nombre de tours v diminue ; par conséquent, dans la première hypothèse, u diminuera aussi, et dans la seconde u augmentera : les deux conditions (1) et (2) seront donc réalisées.

D'autre part, pour des déplacements successifs et égaux de la courroie des cônes, ceux-ci sont calculés de manière à transmettre à la roue différentielle v des vitesses qui diminuent en raison inverse des diamètres croissants des bobines, u diminuera donc ou augmentera dans les mêmes conditions.

Il est facile de démontrer, au surplus, en quelques mots, que le mouvement différentiel réalise les conditions exigées pour le renvidage. Nous avons établi ci-dessus : $U=M\pm n$.

Le mouvement différentiel donne : $u=m\pm 2v$ (3).

La roue u transmet le mouvement aux bobines.

La roue m où l'arbre moteur commande les broches. Or, si l'on suppose l'égalité de rapports entre le nombre de tours $\frac{U}{u}$ et $\frac{M}{m}$, c'est-à-dire si $\frac{U}{u}=\frac{M}{m}$ on pourra remplacer dans la seconde expression (3) u et m par U et par M et on aura alors : $U=M\pm 2v$, on voit ainsi que la différence U—M ou M—U varie proportionnellement à v; or, v commandé par les cônes, diminue en raison inverse des diamètres croissants des bobines, ce qui remplit les conditions voulues.

Nous avons raisonné dans l'hypothèse d'un banc-à-broches construit avec un mouvement différentiel à roues coniques; si l'on employait un mouvement à roues droites, dont la formule est $U=\frac{m}{2}+\frac{3v}{2}$, on voit que pour que les mêmes conditions soient remplies, il faudra que le rapport de la rotation des bobines au manchon soit double de celui des broches à l'arbre moteur, puisque dans ce cas, au lieu de m, on a $\frac{m}{2}$.

Le cône inférieur transmet directement la commande pour le déplacement vertical alternatif du chariot; cette vitesse va donc également en diminuant en raison inverse des diamètres croissants des bobines. La seconde condition énoncée ci-dessus se trouve donc également réalisée.

Le coton subit deux, trois ou quatre passages suivant le numéro du fil à atteindre, au banc en gros, intermédiaire, fin et surfin. Les rubans provenant des étirages, sont placés derrière le banc en gros, et les bobines venant de celui-ci sur un ratelier derrière le banc intermédiaire et ainsi de suite. Aux bancs intermédiaires, fin et surfin, on double la mèche. Il est essentiel de ne donner au banc-à-broches que la torsion juste nécessaire pour permettre la manipulation du produit; si l'on tordait trop, l'étirage ne pourrait plus se faire. Cette quantité de torsion déterminée par la pratique, varie suivant les cotons, et le degré de finesse de la mèche; pour des numéros ordinaires, en Louisiane, elle sera pour les trois passages respectivement de 2,6 ; 4,4 et 7,4 par décimètre.

La vitesse des broches qui est de 450 à 500 tours, pour le banc en gros, s'élève de 800 à 1,000 tours par minute au banc surfin.

Les bancs en gros se construisent généralement de 60 à 84 broches; ceux intermédiaires de 96 à 136; ceux en fins, de 120 à 168 et ceux en surfins de 196 à 224 broches.

La production théorique d'une broche s'obtient par la formule $P=\frac{720\,V}{T+2{,}000n}$ dans laquelle P est le poids en kilogrammes.

V, le nombre de tours des broches par minute.

T, la torsion par mètre.

n, le numéro de la mèche.

(720, nombre de minutes en douze heures.)

On ne prendra que 55 à 65 0/0 de ce résultat, pour avoir la production pratique d'une broche au banc en gros:

65 0/0 pour le banc intermédiaire ;
75 0/0 pour le banc en fin ;
80 0/0 pour le banc surfin.

Il est clair qu'on remplacera 720 par 660 ou 600 si la journée de travail au lieu d'être de douze heures, n'est que de onze ou dix heures.

Filage. Arrivée au degré de transformation où nous l'avons amenée, la mèche de coton n'a plus qu'une opération à subir pour être convertie en fil. Par un dernier étirage on l'amènera à la fi-

nesse déterminée, puis une torsion beaucoup plus grande qu'aux opérations précédentes lui donnera la solidité voulue; le fil fait doit alors être renvidé sous une forme convenable pour être soumis aux diverses opérations du tissage. Le renvidage qui ne constitue qu'une fonction secondaire du métier à filer a été cependant la cause des plus grands obstacles que les créateurs de cette machine eurent à surmonter.

Le métier à filer, tel qu'il est construit aujourd'hui, travaillant automatiquement et d'une manière qu'on serait tenté de taxer d'intelligente, constitue la plus compliquée des machines connues; « c'est à cinquante ans d'essais coûteux et de tâtonnements intelligents, dit M. Stamm, c'est surtout aux W. Strutt, de Derby, aux W. Kelly de Lanarckmill, aux Eaton, aux Yongh, aux Richard Robert, aux Platt, aux Parr Curtis, aux Dobson et Barlow, aidés d'un grand nombre d'ou-

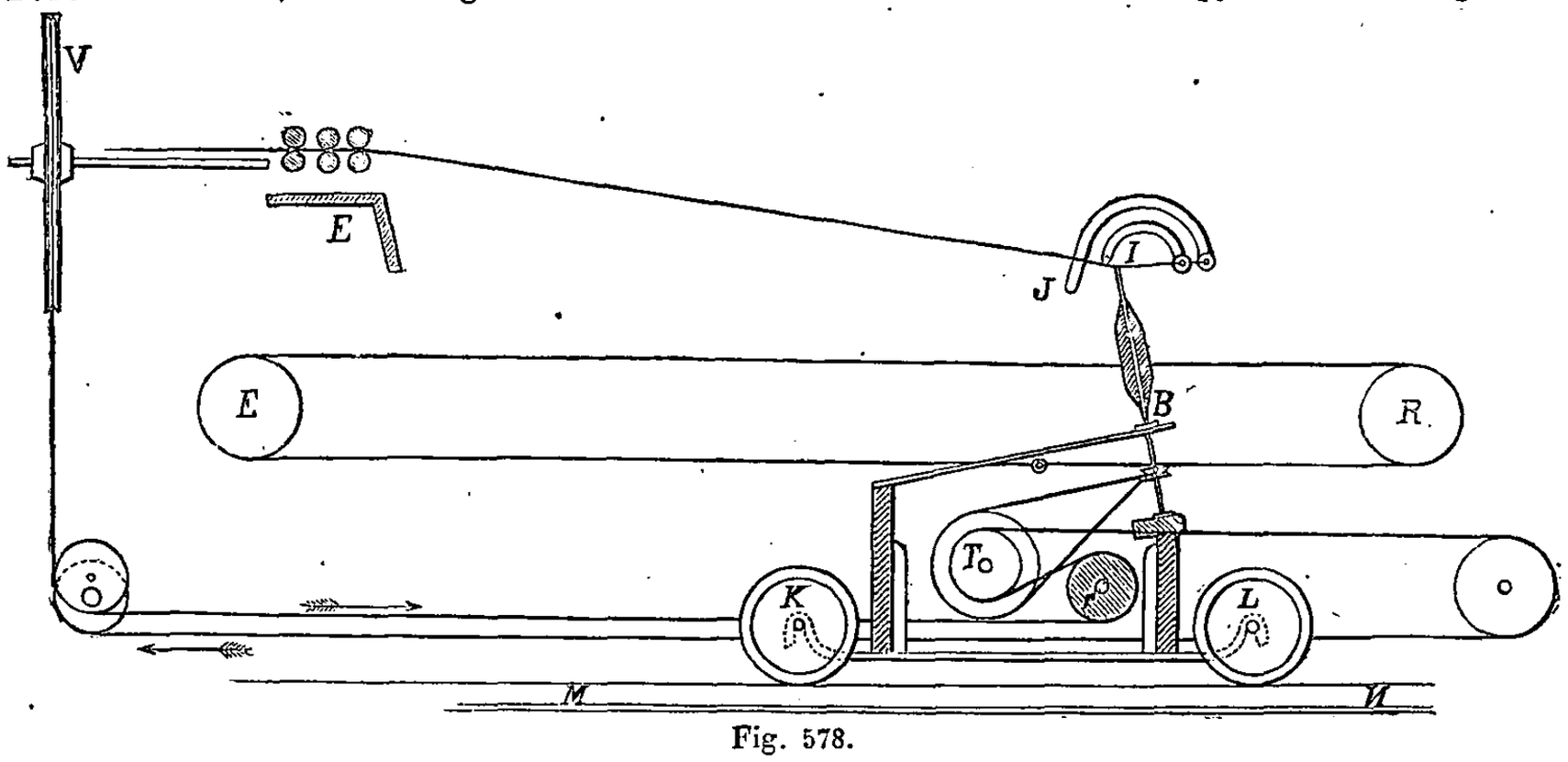


Fig. 578.

successivement le nombre des broches jusqu'à 80.

Samuel Crompton réunissant les deux systèmes d'Hargreaves et d'Arkwright, inventa le *Mule-Jenny* qui a été introduit dans les fabriques vers l'année 1786, et a toujours été en usage depuis, jusqu'à ces dernières années. En même temps que le Mule-Jenny, on employait le métier continu désigné en Angleterre sous le nom de *Throstle*; on ne peut mieux le comparer qu'à un banc-à-broches en petit, où le fil lui-même entraîne la bobine, ce qui limite nécessairement son emploi à la production de fils présentant une certaine tenacité, jusqu'au numéro 40 chaîne environ.

Dans le Mule-Jenny, une partie du mouvement, c'est-à-dire l'étirage et la torsion est donnée par le moteur; une autre partie, le renvidage, a lieu par la main du fileur. Le métier actuel est un Mule-Jenny dont tous les mouvements sont automatiques, c'est-à-dire fournis par le moteur; on le désigne sous le nom de *métier automate* ou *renvideur*, et plus généralement par le nom anglais de *Self-Acting*. Dès 1836, deux grandes maisons de construction d'Alsace livrèrent aux filatures de Normandie et de l'étranger, des métiers self-actings dont elles avaient reçu les modèles d'Angleterre, mais comme nous l'avons dit dans l'introduction historique, ce ne fut guère qu'à partir de 1855, que l'usage de ses métiers s'est généralisé. Pendant un certain nombre d'années, on a conservé les Mule-Jenny concurremment avec les self-actings, l'emploi de ces derniers était réservé aux numéros au-dessous de 60 à 70; mais grâce aux progrès réalisés, on est arrivé à filer couramment sur self-actings des chaînes 120 et trames 150, aussi depuis quelques années, le Mule-Jenny n'existe plus guère (pour le coton) qu'à l'état de souvenir.

Nous allons maintenant exposer le principe du filage, tel qu'il est effectué par les métiers Mule-Jenny et self-actings, réservant pour une étude spéciale la description complète des meilleurs types de self-acting et des diverses sortes de métiers continus que l'on essaye aujourd'hui de substituer aux premiers.

Le métier à filer étant essentiellement un banc d'étirage, possède trois paires de cylindres lamineurs, entre lesquels passent les mèches provenant du dernier banc-à-broches. Les coussinets des cylindres sont fixés sur des supports qui eux-mêmes sont boulonnés sur une longue pièce de

vriers intelligents qu'on doit d'avoir vu se réaliser, en Angleterre, cette merveille de mécanique que quelques-uns ont, pendant longtemps, jugée irréalisable. » Il est de toute justice de citer à côté des noms précédents, ceux des constructeurs français, MM. A. Kœchlin, Schlumberger, Stehelin, Grünn, Dubus, Thouroude-Danguy, etc., qui ont apporté, eux aussi, leur contingent de perfectionnements à l'œuvre nouvelle et qui ont grandement contribué à son introduction dans notre pays.

En 1767, James Hargreaves inventait la *jeannette* ou *jenny*; après plusieurs essais, il avait fait un métier de huit broches; une courroie sans fin les faisait tourner, tandis qu'il leur présentait autant de boudins de coton cardé tenus entre deux morceaux de bois serrés avec les mains, en faisant en même temps un mouvement rétrograde pour former les aiguillées de fil qu'il enroulait ensuite sur les broches en s'en rapprochant. Il augmenta

fonte en équerre E (fig. 578), qu'on nomme *porte-cylindres* ou *porte-systèmes*. Le porte-cylindre est supporté aux deux extrémités et de distance en distance par des bâtis.

Les broches qui sont chargées de la torsion et du renvidage sont placées sur un chariot animé d'un mouvement de translation horizontal; il peut s'éloigner et se rapprocher du porte-cylindre; il est monté, à cet effet, sur un certain nombre de roues KL roulant sur des rails MN.

Considérons un fil maintenu, d'une part, par la paire de cylindres délivreurs; et, d'autre part, en un point quelconque de la broche B, ayant une certaine inclinaison vers les cylindres. Si la broche tourne, le fil s'enroulera autour d'elle en formant une espèce d'hélice jusqu'à ce qu'il atteigne le sommet; si le fil est convenablement tendu entre les cylindres et la pointe de la broche, celle-ci continuant à tourner, il est clair que pour chaque tour de la broche, le fil passera par dessus le sommet et se retrouvera toujours dans la même position; il sera forcé de pivoter autour de ce sommet, et pour chaque tour de broche, la partie du fil comprise entre les cylindres et la pointe de la broche recevra un tour de torsion. La même chose se passera si les cylindres au lieu d'être fixes débitent du fil et que la broche s'éloigne avec une vitesse égale à celle de livraison; la torsion se donnera près de la broche et se transmettra de proche en proche. C'est ce qui a lieu dans le métier à filer; pendant que les cylindres livrent le fil, le chariot s'éloigne, il *sort*, en maintenant le fil constamment tendu, en même temps les broches tournent pour tordre le fil. Lorsque le chariot est arrivé à l'extrémité de sa course, il s'arrête ainsi que les cylindres, la broche continue à tourner pour compléter la torsion, s'il y a lieu; quand celle-ci est donnée, les broches s'arrêtent à leur tour; l'ensemble de ces mouvements constitue les deux périodes qui sont accomplies mécaniquement dans le Mule-Jenny.

1° *Formation du fil, sortie du chariot, commencement de la torsion;*

2° *Complément de la torsion.*

Le fileur doit, à présent, renvider sur les broches le fil fait; à cet effet, la machine porte un guide-fils appelé *baguette* I, pouvant tourner autour d'un axe. Pour amener ce guide-fils au point à partir duquel doit commencer le renvidage, il faut que la longueur du fil comprise entre les cylindres et la broche augmente, à mesure que la baguette *descend*, sans cependant que le fil cesse d'être tendu. D'un autre côté, il faut remarquer que le fil est enroulé sur la broche depuis la tête de la bobine jusqu'au sommet, et que pour renvider, il est nécessaire de dévider ce fil nommé *fil empointeur*. Donc, tout en abaissant la baguette, le fileur détourne la broche pour dévider un peu de fil, ou *dépointer*, et ce n'est que quand il sera arrivé au point voulu qu'il ramènera le chariot vers le porte-cylindres et renvidera. D'où deux autres périodes :

3° *Détour des broches ou dépointage;*

4° *Rentrée du chariot et renvidage.*

Tout métier à filer doit accomplir ces quatre périodes de mouvement parfaitement distinctes et se succédant constamment dans le même ordre.

Pendant la sortie du chariot, les broches sont commandées par une poulie à deux gorges V, fixée sur l'arbre moteur et appelée *volant*. La corde venant du volant transmet le mouvement à la poulie de torsion T fixée sur l'arbre des tambours, et comme la distance de ces tambours au volant augmente à mesure que le chariot s'éloigne, il faut que la corde puisse, pour ainsi dire, marcher avec la poulie de torsion. On la fait passer sur un certain nombre de poulies de renvoi placées à la grande et à la petite têtière et sur une poulie *r* placée dans l'intérieur du chariot, de sorte que quelle que soit la position du chariot, la corde a toujours la même longueur et est également tendue. Le mouvement est ainsi transmis à un arbre horizontal régnant sur toute la longueur du chariot et appelé arbre des broches. Sur cet arbre sont placés des tambours en ferblanc qui commandent les broches au moyen de cordes qui passent sur les noix.

La torsion donnée aux fils est loin d'être arbitraire; elle dépend du numéro du fil et de l'emploi auquel il est destiné. Il faut donc pouvoir limiter cette torsion qui dépend, bien entendu, du nombre de tours des broches et par conséquent de l'arbre moteur. Lorsque celui-ci a fait le nombre voulu de tours, il faut qu'il puisse s'arrêter. Dans ce but, on se sert d'un compteur, c'est-à-dire d'une roue engrenant avec une vis sans fin qui, lorsqu'elle a fait un tour, provoque l'arrêt du volant. On peut donc calculer le nombre de dents de la roue en raison du nombre de tours de torsion à donner au fil.

Le mouvement de translation horizontale est transmis au chariot au moyen de la poulie E à plusieurs gorges, dite poulie de *main douce*, placée près des cylindres. A l'autre extrémité du bâti se trouve une poulie de renvoi R et sur le côté du chariot un tendeur à rochet auquel se fixe la corde; le fil devant être constamment tendu entre les cylindres et les broches, il faut que la marche du chariot soit parfaitement régulière et dépende du mouvement des cylindres. C'est pourquoi on commande assez habituellement la main douce par les cannelés.

Lorsque le chariot a atteint le terme de sa course, les cylindres et les mains douces doivent débrayer. C'est le chariot lui-même qui provoque le débrayage en agissant sur un levier qui, déclanchant les cylindres, arrête aussi le chariot. Après que toute la torsion est donnée, le compteur faisant passer la courroie de la poulie fixe sur la poulie folle, débraye toute la machine. A ce moment, l'ouvrier commence son travail de fileur; il *dépointe* en faisant tourner les broches en sens inverse au moyen d'une roue à deux manivelles, appelée *roue de volée*, en même temps qu'il abaisse la baguette. Arrivé au point où doit commencer le renvidage, il tourne la roue de volée dans le sens direct, et renvide le fil sur les broches en le guidant avec la baguette, en même temps qu'il pousse avec le genou, le chariot pour le ramener vers le porte-cylindres. Pour maintenir les fils

tendus pendant le dépointage et le renvidage et éviter les vrilles, il existe à côté de la baguette, un second guide-fils semblable, appelé *contre-baguette* J que des contrepoids tendent constamment à relever; la contre-baguette absorbe ainsi le fil développé par le dépointage et supplée aux inégalités du renvidage.

Dès que le chariot est rentré, et que l'empointage est fait, c'est encore le chariot qui est chargé d'opérer le passage de la courroie sur la poulie motrice et l'embrayage des cylindres.

La forme à donner aux bobines n'est pas indifférente; si l'on observe que l'on renvide directement sur la broche sans autre soutien pour la bobine qu'un petit tube en papier que l'on dispose à la base, on voit que le fil doit être renvidé de façon à former un corps solide qui ne se déforme pas facilement. La bobine doit de plus satisfaire à certaines conditions au tissage; il faut qu'elle puisse se dévider sans causer d'éboulement, et s'il s'agit de trame, il faut qu'elle se dévide de la navette sans tourner. La forme cylindro-conique (fig. 579) est la plus pratique pour satisfaire à ces deux conditions en ayant soin toutefois de ne pas seulement renvider de bas en haut, mais encore de haut en bas. Le renvidage de haut en bas doit se faire en hélice très allongée faisant à peine un ou deux tours, tandis qu'en remontant, le fileur doit renvider presque circulairement. On produit ainsi un croisement très solide qui empêche la bobine de se déformer.

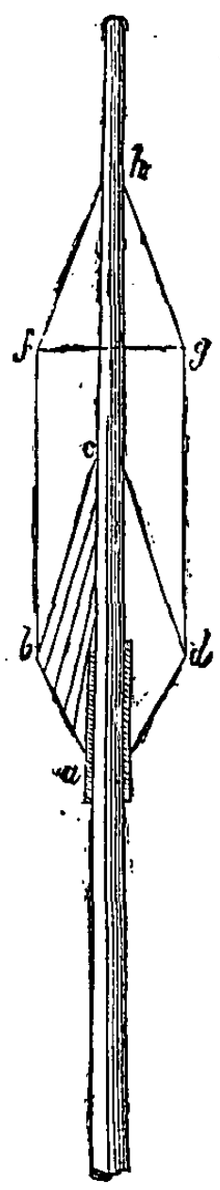


Fig. 579.
Formation de la bobine

Lorsque les quatre périodes sont accomplies, le métier a produit une *aiguillée*. L'ensemble de toutes les aiguillées enroulées sur une broche forme une *bobine* ou une *cannette* (V. ces mots). La longueur moyenne d'une aiguillée est de 1m,60 généralement.

L'ensemble de toutes les bobines ou cannettes d'un métier lorsqu'elles sont terminées constitue une *levée*. On appelle *lever*, l'action d'enlever les bobines terminées et de remettre de nouveaux tubes en papier pour recommencer une nouvelle levée.

Les principes que nous venons d'exposer sur le filage au moyen du Mule-Jenny sont les mêmes pour le métier self-acting : nous y retrouverons la même succession de périodes de mouvements, et la plupart des organes de commandes que nous avons décrits. Le métier self-acting ne doit donc être considéré que comme un Mule-Jenny sur lequel on a greffé une deuxième machine effectuant automatiquement le dépointage ou détour des broches et la rentrée du chariot ainsi que le renvidage.

La formation de la bobine est soumise aux mêmes conditions au self-acting qu'au Mule-Jenny : le fil étant fixé au tube de papier qui sert de base à la bobine, si l'on fait marcher le guide-fils plus lentement à la base qu'au sommet de la couche, l'épaisseur de celle-ci ira en croissant du sommet à la base, la couche sera donc conique. Chaque couche successive étant formée de la même manière, il est évident que la forme conique ira en augmentant. On continuera ainsi, en élevant très peu le point de départ de chaque nouvelle couche jusqu'à ce que l'on soit arrivé à un diamètre suffisant. Si alors le guide-fils continue à marcher et à s'élever uniformément, les couches qui se superposent auront une épaisseur uniforme et formeront ainsi des cônes creux s'emboîtant les uns dans les autres. Tous ces cônes auront le même diamètre à la base, l'ensemble des bases constituera donc un cylindre. La bobine ainsi produite se composera donc du noyau *abcd*, et du corps *bcdghf*. La partie conique se nomme le *fond* et le cône supérieur *fgh* la tête de la bobine. Chaque couche se compose des deux parties, comme nous l'avons indiqué ci-dessus : l'une appelée la *descendante* et l'autre l'*ascendante*.

Si l'on considère actuellement que la marche du guide-fils est soumise à la loi très complexe que nous venons d'analyser; que les broches qui tournent avec une vitesse uniforme pendant la sortie du chariot doivent ensuite s'arrêter, faire quelques tours en sens inverse, puis reprendre leur sens de rotation direct pour le renvidage, mais cette fois avec une vitesse *variable*, non seulement d'une couche à l'autre (puisque le diamètre de la bobine allant en croissant, le nombre de tours nécessaire au renvidage va en diminuant), mais même dans une même aiguillée, puisque le fil se renvide sur un tronc de cône de haut en bas d'abord, de bas en haut ensuite, on comprendra les difficultés qu'il y a eu à vaincre pour créer une machine remplissant toutes ces conditions.

Dans l'étude que nous consacrerons aux métiers à filer self-actings, nous examinerons également les différents systèmes, anciens et nouveaux, de métiers *continus*. On désigne sous ce nom les métiers dans lesquels les quatre périodes analysées pour la formation du fil au Mule-Jenny, au lieu de s'opérer successivemeut, s'accomplissent simultanément.

Titrage ou numérotage. Le titre ou *numéro* du fil est le rapport qui existe entre sa longueur et un poids fixe; il en indique donc le degré de finesse. Pour indiquer cette finesse, on peut aussi rapporter un poids variable à une longueur fixe.

Pour le coton, c'est la première hypothèse qui forme la base du numérotage. L'unité de poids fixe est de 500 grammes, et le numéro du fil indique le nombre de fois 1,000 mètres qu'il faut pour peser 500 grammes. Ainsi; un fil de nº 27, indique que 27,000 mètres pèsent 500 grammes. Une longueur de 1,000 mètres se nomme *écheveau*; l'écheveau de 1,000 mètres formé au dévidoir à

échantillonner se compose ordinairement de dix *échevettes* de 100 mètres. De la définition qui précède, on tire les relations qui lient entre elles le numéro et le poids d'un écheveau de fil. Soit N le numéro; P, le poids d'un écheveau, on a :

$$N \times 1{,}000 = 500 \text{ gr., d'où } P = \frac{500}{N} \text{ et } N = \frac{500}{P}.$$

En généralisant, on peut trouver le poids d'une longueur quelconque L de fil dont on connaît le numéro, et réciproquement; en effet, 100 mètres pèsent $\frac{500}{N}$, L mètres pèsent $\frac{500\,L}{1{,}000N} = \frac{L}{2N}$. On tire de là : $L = 2PN$ et $N = \frac{L}{2P}$. Dans ces formules, le poids P est donné en grammes et la longueur L en mètres.

Telles sont les relations qui lient entre elles une longueur et un poids quelconque de fil et le numéro de ce fil.

Le numérotage anglais étant employé dans beaucoup de régions, et les filés anglais étant importés en assez grande quantité en France, il est bon d'indiquer la différence entre les deux systèmes de numérotage.

Les numéros anglais sont aux numéros français dans le rapport de 1 à 0,847; ainsi, étant donné un numéro anglais, pour trouver le numéro français correspondant, on multiplie le numéro par 0,847 et pour trouver le numéro anglais correspondant à un numéro français, on divisera ce dernier par la même quantité 0,847. Par conséquent, à égalité de numéros, les filés français sont plus fins que les filés anglais.

Echantillonnage. Pour échantillonner les fils on se sert d'une romaine spéciale. Pour vérifier la romaine, on suspend au crochet des poids correspondants au poids de l'écheveau de différents numéros; l'aiguille devra indiquer exactement les numéros respectifs.

Un autre mode de vérification basé sur la construction théorique de la romaine, et sans l'exactitude de laquelle elle ne peut fournir des données exactes, c'est que le bras vertical portant l'aiguille et le bras horizontal auquel est fixé le crochet doivent former un angle rigoureusement droit.

Pour former l'écheveau on emploie un *dévidoir* (V. ce mot), sur lequel on place cinq bobines et on fait 140 tours du dévidoir ; le périmètre de celui-ci étant $1^m,428$, on obtient ainsi : $5 \times 140 \times 1{,}428 = 999^m,60$, soit 1,000 mètres à cause des superpositions.

Pour échantillonner des numéros très gros, on prend ordinairement des longueurs inférieures à 100 mètres, par exemple, 5 mètres pour les rubans de cardes et d'étirage; 20, 25 et 50 mètres pour les mèches de bancs-à-broches. Le numéro métrique exact s'obtient par une simple règle de trois : $N = \frac{L \times n}{1{,}000}$. L étant la longueur échantillonnée et n le numéro trouvé correspondant.

Pour les numéros très fins, au contraire, il est préférable de prendre plusieurs écheveaux et de faire ensuite la réduction; car les divisions de la romaine étant très rapprochées vers les numéros élevés, on commettrait facilement des erreurs.

On désigne généralement sous le nom de *gros numéros* ceux de 1 à 20 ; *ordinaires*, 21 à 40; *mi-fins*, 41 à 70; *fins*, 71 à 250 et au-dessus.

Cette classification n'a évidemment rien d'absolu.

Vaporisage. On soumet ordinairement à l'action de la vapeur les fils de chaîne, et généralement les filés qui reçoivent une forte torsion afin de fixer cette torsion d'une manière définitive. Un fil vaporisé n'a plus, lorsqu'on le dévide, cette tendance à se vriller qui est une cause d'enchevêtrement et par conséquent de déchet. L'opération du vaporisage est très simple. On fait arriver un jet de vapeur dans une étuve en tôle, composée de plusieurs compartiments horizontaux, formés par des feuilles de tôle criblées de petits trous; on place dans cette étuve des boîtes en ferblanc percées sur leur surface d'un certain nombre de trous, et contenant les bobines à vaporiser qu'on retire au bout d'un certain temps, ordinairement vingt minutes, lorsque la vapeur les a complètement pénétrées. Les fils de trame ne sont vaporisés que dans des cas particuliers, par exemple, pour les satins tissés à trame sèche où les vrilles sont très apparentes après le tissage.

Pour les filés très fins, le vaporisage a l'inconvénient de leur enlever le brillant qui est une de leurs qualités, aussi ne les soumet-on pas à l'action de la vapeur; on se contente de laisser séjourner, pendant une journée environ, les boîtes ayant servi à faire les levées dans un magasin humide.

Après l'analyse et la description que nous venons de faire de différentes opérations de la filature du coton, il sera facile de se rendre compte de la possibilité et de la facilité de la transformation d'une quantité quelconque de matière première en un fil d'un numéro déterminé. En effet, les étirages élèvent successivement le numéro du fil ou de la préparation, tandis que les doublages le rendent moins fort, de sorte que si l'on établit le numéro n de la préparation, en pesant 1 mètre de nappe au batteur par exemple, le numéro final N sera égal à

$$N = n \frac{l \times l_1 \times l_2 \times l_3 \ldots lm}{d \times d_1 \times d_2 \times d_3 \ldots dm}$$

Il sera donc facile de répartir les étirages et les doublages aux différentes machines et de combiner les passages de manière que le second membre de l'égalité soit égal au numéro donné *a priori*. Le nombre des passages et des doublages et la quantité d'étirage à donner à chaque machine, varie évidemment avec la nature du coton et le résultat à obtenir. L'établissement de ces diverses combinaisons, au sujet desquelles nous avons donné quelques principes dans les différentes parties de cette étude, en même temps que le choix des cotons les moins chers à mélanger en vue d'obtenir un produit de la meilleure qualité possible, constitue l'art et le secret des filateurs : entrer dans de plus grands développements à cet égard, serait dépasser le cadre de ce travail;

l'ensemble de ces connaissances d'ailleurs est du domaine de la pratique. Il faut évidemment tenir compte dans ce calcul du déchet qui peut être produit par le travail de certaines machines comme les cardes par exemple.

A titre d'indication, nous donnons l'emploi de différentes qualités de cotons suivant les numéros à produire :

Nos 1 à 4. — Déchets des déchets.

Nos 4 à 10. — Premiers déchets.

Nos 10 à 30. — Cotons de l'Inde, de la Chine, du Japon, purs ou mélangés entre eux ou avec du déchet.

Nos 20 à 40. — Etats-Unis tels que Louisiane, Mobile, Géorgie c/s, cotons de l'Inde en général des meilleurs choix, Amérique et Inde mélangés, Jumel pur ou mélangé.

Nos 40 à 60. — Louisiane, Jumel pur, mélange de Jumel et de Louisiane, cotons de l'Amérique du Sud.

Nos 60 à 120. — Jumel pur, Bourbon, mélange de Jumel et de Géorgie L/s.

Nos 120 à 300. — Géorgie L/s, non compris les choix extra.

Nos 300 et au-dessus. — Géorgie L/s. extra.

Les productions moyennes par année de 300 jours de travail et par broche pour différents numéros, sont les suivantes :

Nos 10.	55k,500	Nos 90.	2k,665
20.	27.800	100.	2.400
30.	15.200	110.	1.975
40.	10.000	120.	1.765
50.	6.900	130.	1.475
60.	5.460	140.	1.265
70.	4.330	150.	1.230
80.	3.220	200.	1.020

La production de la chaîne 27/29 qui est le filé le plus fabriqué, varie entre 17 à 19 kilogrammes par broche et par année (6 décagr. par jour en moyenne).

Empaquetage, dévidage et emballage. Les filés destinés à la teinture ou à un autre emploi que le tissage, sont généralement dévidés. On se sert pour cela, comme pour le numérotage, du dévidoir qui peut faire simultanément 24 écheveaux lorsqu'il est mû à la main et 100 à 120 lorsqu'il est mû mécaniquement. Ces dévidoirs sont construits de la même manière et ont le même périmètre que ceux destinés au titrage des fils. Chaque échevette est séparée par une ligature; l'écheveau de 10 échevettes est également lié; puis on l'enlève du dévidoir pour être mis en paquets. Les paquets devant avoir un poids de 500 grammes, renferment autant d'écheveaux que porte le numéro du fil. Pour obtenir des paquets réguliers et un volume aussi réduit que possible on dispose les écheveaux pliés en deux sur les montants verticaux d'une presse, où ils sont comprimés. On forme ensuite les paquets sur l'enveloppe desquels une étiquette indique le numéro et la qualité du fil.

Les filés qu'on laisse en bobines ou cannettes sont généralement expédiés dans des caisses en bois garnies intérieurement de papier, pour éviter le contact du fil contre la surface rugueuse du bois. On remplit ces caisses en disposant les bobines par couches horizontales, en dirigeant les pointes en regard l'une de l'autre et en comprimant les couches autant que possible. Les caisses sont alors fermées et percées. Chacune d'elles porte une étiquette sur laquelle on inscrit le numéro des filés, le poids brut, la tare et le net.

Pour terminer, nous ajouterons quelques données sur les prix de revient et d'établissement, ainsi que quelques tableaux statistiques sur l'importance de la filature du coton dans différents pays; qui seront de nature à justifier l'étendue que nous avons donnée à cette étude.

Estimation de l'outillage d'une filature de 12,000 broches (Machines françaises).

1 ouvreuse.	3.000 »	
1 batteur à 1 volant.	3.600 »	
1 — —	3.600 »	
20 cardes.	55.000 »	
Bancs d'étirage (30 têtes) . . .	9.000 »	
2 bancs-à-broches en gros (de 60 broches).	8.000 »	
2 bancs-à-broches intermédiaires (100 broches). . . .	10.000 »	
6 bancs-à-broches en fin (de 130 broches).	30.000 »	
1 machine à aiguiser les chapeaux de cardes.	1.250 »	
		123.450 »
Self acting 12,000 broches à 9 fr. 50. . . .		114.000 »
Total.		237.450 »

Le prix de la broche revient à 19 fr. 78, savoir :

Machines de préparation. . . .	10 28	
Métiers à filer	9 50	
		19 78

Il faut encore compter, pour compléter l'outillage industriel :

Transmission complète	16.000 »	
Appareils de chauffage.	8.000 »	
Installation de l'appareil au gaz	15.000 »	
Moteur à vapeur, chaudières et accessoires	80.000 »	
Frais de transport, de montage des machines, garnitures de cardes, bobines, courroies, etc..	30.000 »	
Immeubles, terrains.	175.000 »	
		324.000 »
Soit un total général de. . . .		561.479 78

Prix de la broche. Ce total se décompose de la manière suivante :

Prix de la broche comme ci-dessus.	19 78
Transmission, appareils de chauffage et d'éclairage.	3 25
Appareils à vapeur.	6 67
Frais de montage et accessoires	2 50
Immeubles	14 60
	46 80

Tel est, approximativement, le prix par broche d'une filature que l'on construit aujourd'hui, clef en main. Cette usine serait en rez-de-chaussée; on en construit peu d'autres en ce moment.

Ce prix d'établissement est éminemment variable suivant les localités et suivant les circonstances: il ne peut guère être considéré que comme un minimum. Si certaines filatures ont pu être établies il y a un certain nombre d'années à un prix inférieur, la plupart de celles

qui se montent actuellement reviennent à un prix supérieur.

Le bas prix des marchandises anglaises constitue un immense avantage au profit de nos voisins; ainsi la broche self acting ne coûte que 5 fr. 25 environ, prise à Manchester, contre 9 à 10 francs, et le prix de la broche, compris les machines de préparation n'atteint pas 12 francs. Les droits d'entrée, les frais de transport, de commission, rétablissent généralement l'équilibre entre les prix de revient des machines anglaises importées et celles construites en France.

Exemple de l'établissement du prix de revient du travail annuel de la broche

Salaires totaux	6 »
Houille	1 46
Eclairage et graissage	» 75
Entretien des métiers, des moteurs, des bâtiments, fournitures diverses	1 64
Direction et frais de bureaux	» 50
Assurances et impôts	» 60
Pertes d'intérêt sur le fonds de roulement	» 50
Intérêt à 5 0/0 de l'immeuble compté à 14 fr. 60 par broche	» 72
Intérêt et amortissement à 10 0/0 de la valeur du matériel industriel; compté à 40 francs la broche	4 »
	16 17

Les frais du travail annuel d'une broche sont à peu près indépendants des numéros des filés, étant donné l'assortiment des machines; mais les usines pourvues à la fois de moteurs hydrauliques et de moteurs à vapeur dans les meilleures conditions, réalisent une économie d'environ 0 fr. 80 par broches self acting.

Prix de façon des filés. Il se produit également, suivant les filatures, un écart variable dans le chiffre de la production annuelle de la broche pour des numéros donnés de filés; or, la quantité produite est le second élément du prix de façon des filés. De là des résultats différents.

Par exemple, pour des filés ordinaires, chaîne 27/29, si l'on adopte le chiffre de 15 francs pour les frais du travail annuel de la broche et de 18 kilogrammes pour la production, on obtient 0 fr. 83 pour le prix de façon par kilogrammes de filés. En prenant pour base 16 francs pour le prix du travail et 17 kilogrammes pour la production le prix de façon du kilogramme ressort à 0 fr. 94. L'écart est 0 fr. 11. De là la difficulté de fixer des moyennes. On peut cependant admettre d'une manière approximative les prix de façon suivants ;

Chaîne n° 27/29	» 72	à	» 80	par kilogramme.
— n° 50	2 »	à	2 50	—
— n° 100	7 »	à	7 »	—
— n° 150	12 50	à	15 »	—

Dans l'établissement du prix de revient des filés, il est nécessaire de tenir compte de la valeur des déchets. Il est encore difficile d'indiquer à cet égard des chiffres qui représentent d'une manière un peu exacte la proportion des déchets qui varie beaucoup avec la nature des cotons. On peut évaluer la perte en argent de 4 1/2 à 10 0/0 du prix du coton pour les qualités moyennes; aujourd'hui que l'on est parvenu à travailler des sortes de coton très inférieures, le déchet en argent peut s'élever, pour ces qualités, jusqu'à 20 0/0 de leur prix d'achat et au delà.

Exemple de prix de revient des filés. Nous indiquons ci-dessous un exemple de la manière dont se calculerait le prix de revient pour les filés ordinaires, chaîne 27/29, fabriqués avec un mélange, par parties égales de coton Louisiane et de coton des Indes. Les prix sont ceux de la cote du Havre que nous avons indiqués au début de cet article :

0k,500 Louisiane très ordinaire	» 700	
Transport à 70 francs les 1,000 kilogr.	» 035	
		» 735
0k,500 Oomra bon ordinaire	» 520	
Transport comme ci-dessus	» 035	
		» 555
Perte en argent pour déchets :		
9 1/2 0/0 pour le coton Louisiane	» 070	
20 0/0 pour Oomra	» 110	
		» 180
Dépense du coton		1 470
Intérêt sur le coton 1 1/2 0/0 (pour trois mois)	» 019	
Façon de filature	» 760	
		» 779
Prix de revient		2 249

On voit, par cet exemple, que le coût du coton joue le rôle prépondérant dans les prix des filés ordinaires; il en constitue les deux tiers, les trois quarts, ou même davantage, suivant les cours du coton. Pour ces filés, la fabrication proprement dite cède le pas à l'élément commercial. L'influence de cet élément s'atténue pour les numéros mi-fins, et plus encore pour les numéros fins, dont les prix se ressentent moins des fluctuations du marché des cotons.

Force motrice. Dépense de combustible. Il résulte d'expériences très précises, exécutées récemment dans plusieurs établissements, qu'il faut compter une force motrice de 1 cheval vapeur par 115 broches de filature (compris les machines de préparation). Quant au combustible, en admettant une consommation d'environ 2 kilogrammes de houille par 115 broches de filature par heure, ou de 210 kilogrammes pour 1,000 broches par journée de douze heures, on calcule que la dépense annuelle de combustible par broche s'élève à 63 kilogrammes. En comptant la houille à 42 francs les 1,000 kilogrammes, on obtient 1 fr. 32. En ajoutant la dépense de chauffage de 14 centimes, on arrive au total de 1 fr. 46, chiffre que nous avons admis plus haut.

C'est environ la dixième partie de la dépense totale par broche pour les numéros ordinaires, et par conséquent le dixième du prix de façon des filés. La proportion est un peu moins forte pour les numéros élevés. — V. le tableau Broches occupées, page 976.

En 1882, le nombre total des broches est pour :

Le continent européen	21.855.000
Grande-Bretagne	41.000.000
Etats-Unis	12.000.000
Inde	1.620.000

Le nombre total des broches de filature en mouvement dans le monde, pour le travail du coton, est de 75,000,000, et comme la population humaine du globe est évaluée à 1,440,000,000 d'habitants, il y a environ 50 broches par 1,000 personnes. Ce nombre tend à s'accroître rapidement, car dès maintenant d'importantes filatures sont en construction en Egypte, dans l'Inde et dans l'Extrême-Orient.

Les broches des métiers à filer actuels faisant 4,000 à 6,000 tours à la minute, si l'on estime le nombre de tours du fuseau de la fileuse au rouet à 120, les 75,000,000 de broches existant actuellement constituent l'équivalent de 3 milliards et demi de rouets, et cependant le nombre total des ouvriers employés à la filature du coton dans le monde entier ne dépasse pas 800,000. Ces 75,000,000 de broches, estimées à 50 francs la broche, représentent un capital de plus de 3 milliards et demi de francs immobilisé par la filature du coton. La valeur du coton brut consommé par an est d'environ 1 milliard et demi.

Quand les femmes et les enfants des campagnes filaient le coton à la main, ils recevaient un salaire de 18 sous par livre de coton filé, soit 30 à 40 centimes par jour.

Broches occupées par la filature du coton dans les différents pays.

Désignation des pays	Nombre de broches en 1880	Nombre de broches en 1881	Nombre de broches p. 1,000 habitants	Augmentation	Kilogrammes de coton employés par broche
Allemagne	4.750.000	4.815.000	114	65.000	24.9
Autriche-Hongrie	1.750.000	1.765.000	47	15.000	30.4
Belgique	.800.000	800.000	145	»	27.2
Espagne	1.800.000	1.835.000	116	35.000	21.7
France	5.000.000	5.000.000	135	»	21.7
Italie	930.000	985.000	36	55.000	30.4
Hollande	235.000	245.000	63	10.000	27.2
Russie et Pologne	3.380.000	3.640.000	50	260.000	29.5
Suède et Norwège	310.000	310.000	48	»	36.3
Suisse	1.850.000	1.850.000	670	»	11.3
Continent européen	20.805.000	21.245.000	75	440.000	24.1
Grande-Bretagne	39.750.000	40.600.000	1.255	850.000	15.0
Total de l'Europe	60.555.000	61.845.000	198	1.290.000	18.1
Etats-Unis d'Amérique	11.500.000	11.875.000	228	375.000	28.5
Inde-Anglaise	1.300.000	1.500.000	8	200.000	34.0
Ensemble	73.355.000	75.220.000	50 (?)	1.865.000	19.8

Aujourd'hui, l'ouvrier fileur gagne 3 fr. 50 à 4 fr. 50 par jour ; les femmes 1 fr. 50 à 2 fr. 25; les enfants 1 franc, et les salaires suivent une marche ascendante tous les jours.

Valeur de l'importation des filés de coton en France de 1859 à 1870 (Algérie non comprise).

Années	Valeur en francs	Années	Valeur en francs
1859	1.300.000	1867	9.500.000
1860	1.000.000	1868	10.700.000
1861	5.100.000	1869	12.800.000
1862	12.900.000	1870	6.200.000
1863	7.600.000	1871	26.900.000
1864	7.300.000	1872	39.100.000
1865	11.200.000	1873	21.700.000
1866	14.600.000		

Valeur des importations et des exportations de coton en France de 1874 à 1882.

Années	Importations de coton brut	Importations de cotons en filés	Exportations de coton brut	Exportations de cotons filés
	francs	francs	francs	francs
1874	239.742.000	27.500.000	71.669.000	5.539.000
1875	221.304.000	42.600.000	52.013.000	4.095.000
1876	229.222.000	47.600.000	78.860.000	3.974.000
1877	195.671.000	42.800.000	71.424.000	3.184.000
1878	195.294.000	41.200.000	78.826.000	2.494.000
1879	204.419.000	32.300.000	66.874.000	2.447.000
1880	215.417.000	31.500.000	69.523.000	2.790.000
1881	225.470.000	36.200.000	64.140.000	2.497.000
1882	210.599.000	34.366.000 (11 mois)	43.627.000	3.539.000

La valeur de l'importation des *tissus* en coton est encore bien supérieure à celle des *filés*. Nous la donnerons à sa place.

Les chiffres ont leur éloquence, dit-on. Nous ne donnerons donc pas d'autre conclusion à notre travail : ceux de ce tableau montrent une des conséquences les plus sérieuses de la séparation de l'Alsace de la France qui a enlevé à notre pays environ 1,500,000 broches ; l'Alsace actuellement concourt à l'accroissement des importations des filés étrangers.

Comparés aux chiffres ci-dessus, la valeur des exportations est très faible et a également décru de moitié par le même fait, depuis 1871.

Nous devons ajouter, pour être complet, que l'examen comparé de l'augmentation du nombre des broches de filature dans les divers pays, dans ces dix dernières années, montre que la France ne vient pas au premier rang : et cependant la création de nouvelles filatures semble être le meilleur moyen de nous affranchir d'importations étrangères aussi élevées que celles que nous venons de signaler ; l'industrie cotonnière a évidemment subi des crises sérieuses et des perturbations profondes dont les causes sont trop complexes pour être développées ici où elles seraient d'ailleurs déplacées. Espérons néanmoins, que les exigences qu'indiquent ces derniers chiffres hâteront le développement logique d'entreprises qui offrent toute sécurité aux capitaux, et qui contribuent puissamment à développer la prospérité du pays. — P. D.

Divers usages du coton.

Le coton s'emploie principalement comme matière textile et l'importance toujours croissante de sa consommation justifie l'étude que nous en avons faite à ce point de vue exclusif ; il sert néanmoins à beaucoup d'autres usages dans l'économie domestique, soit tel que la plante le produit, soit après avoir subi certaines transformations ou manipulations.

Le coton *cardé* s'emploie avec succès dans le traitement des brûlures. Etendu sur une plaie de cette nature, il apaise assez rapidement la douleur, empêche ou arrête l'inflammation et prévient autant que possible les difformités. On emploie encore le coton cardé en thérapeutique, dans le traitement des inflammations où il est utile de conserver une chaleur égale et de préserver la partie endolorie des variations atmosphériques.

La médecine a préconisé pendant quelque temps, la charpie de coton, les filaments de ce végétal étant plus souples et plus flexibles que ceux du lin ; mais on a dû revenir à l'emploi de la charpie faite avec la fibre de cette dernière plante, parce que ses tubes ont un pouvoir absorbant plus considérable que les surfaces plates du coton.

On délivre aux troupes, en Allemagne, au moment de la mobilisation, des tampons de coton salicylés, c'est-à-dire, imbibés d'acide salicylique (2 à 3 grammes), les blessés peuvent ainsi se panser provisoirement eux-mêmes, en attendant le secours du médecin.

La ouate préparée avec un 5e d'iode, ce qu'on appelle *coton iodé*, est employée chaque jour contre les engorgements glandulaires du cou.

Les ouvriers qui travaillent des matières délètères, se préservent de l'introduction dans les organes respiratoires de poussières nuisibles par l'application d'un masque muni d'un tampon de coton non cardé sur lequel s'arrêtent ces poussières et corps étrangers ; M. Pasteur a employé souvent la ouate comme filtre, pour arrêter au passage les poussières et les germes charriés par l'air, et avoir ainsi de l'air absolument pur.

En 1846, M. Schœnbein, de Bâle, a traité la cellulose du coton par l'acide azotique monohydraté et en a obtenu une matière explosible, qui a reçu divers noms : *fulmi-coton, coton-poudre, poudre-coton, pyroxile,* etc. — V. ces mots.

On a découvert, il y a quelques années aux Etats-Unis, un nouveau produit curieux composé de coton-poudre et de camphre. Cette matière a reçu le nom de *celluloïd* (V. ce mot) ; c'est un corps dur et élastique, susceptible de prendre par le poli, l'aspect complet de l'ivoire, on a fort bien réussi à en fabriquer des bijoux et des objets de toilette, mais l'usage en était, au début, assez dangereux, car il est inflammable et brûle rapidement. Aujourd'hui que ce corps est bien connu, il n'offre plus les mêmes inconvénients.

Le coton-poudre a subi encore une autre transformation et donné une substance employée fréquemment dans les arts et en médecine. C'est le *collodion* (V. ce mot) découvert par M. Maynard, de Boston, qui l'obtint en traitant le coton-poudre par l'éther.

Le lin et le chanvre sont beaucoup plus rebelles, comme on le sait, à la filature mécanique, que le coton et la laine. Cette difficulté a fait essayer la transformation de ces textiles en une espèce de coton, ou cellulose pure. La première tentative remonte à 1774 : elle est due à lady Morgan. La même idée, dit M. Alcan, fut reprise en 1775, en Suède, par le baron Meiding. En 1799, Berthollet fit des expériences fameuses. Depuis ces essais, qui ont été publiés à plusieurs reprises, il n'était plus question de la *cotonisation*, lorsqu'en 1851, le chevalier Claussen imagina son *flax cotton*. On crut d'abord à la solution d'un grand problème ; mais l'examen sérieux du procédé et de ses applications, démontra bientôt qu'il n'y avait ni avantage économique, ni progrès technique à attendre de l'emploi du *flax cotton*. Cela n'empêcha pas, lors de la crise américaine, de reprendre ces expériences, et de tenter la cotonisation de toutes espèces de matières végétales.

Un américain baptisa, du nom de *fibrilia*, une matière textile, composée de fibres de végétaux bien différents ; tige de houblon, de chardon, de haricots, de pommes de terre, de riz, de sarrazin, ceps de vigne, etc. Le *fibrilia*, toutefois, pas plus que le *flax cotton*, ne donna un résultat pratique. Les traitements pour trier, classer et transformer ces matières sont très onéreux. Si l'on compte le prix de la fibre brute, et le coût des transformations, l'on arrive pour une matière de beaucoup inférieure à un prix plus élevé que celui de la substance qu'elle est appelée à suppléer.

Bibliographie : M. Alcan : *Traité de la filature du coton, Essai sur l'industrie des matières textiles ; Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse ;* E. Stamm : *Traité théorique et pratique des métiers à filer automates ;* E. Lacroix : *Etudes sur l'Exposition de 1878 ;* Oger : *Traité élémentaire de la filature du coton ;* E. Baine : *History of the cotton manufacture ;* A. Ure : *The cotton manufacture of Great Britain ;* Ch.-Ph. Lasteyrie : *Le cotonnier et sa culture ;* Sicard : *Culture du coton ;* Ch. Grad : *Etudes statistiques sur l'industrie de l'Alsace ; Rapport des Commissions parlementaires pour l'établissement du tarif général des douanes ;* Dr J.-A. Hüllfe : *Die Baumvolle Spinnerei ; Benno Nyss ; id.* Paul Dupont : *Aide mémoire pratique de la filature du coton ;* Edélestan-Jardin : *Le coton.*

COTONNADE. Les tissus ordinaires de coton se présentent généralement sous deux formes très distinctes : ceux écrus appelés *jaconas, percale, calicot, longotte* et *cretonne* et les *cotonnades* proprement dites, imprimées ou tissées en couleur. Les premières sont connues aussi sous le nom d'*indiennes* (V. ce mot), les secondes appelées aussi *ménages*, tissées en fils de couleur, qui font l'objet de cet article.

Les cotonnades sont tissées en fils de couleur, avons-nous dit, et représentent des rayures en long, des carreaux ou bien une surface unie. Elles sont employées, en majeure partie, à l'habillement des habitants de la campagne et de la classe ouvrière.

Cette fabrication se fait un peu partout, cependant on peut citer comme principaux centres de production, certaines localités de l'Ecosse, de la Suisse, de l'Italie, de l'Allemagne ; et en France, Rouen, Flers, Mayenne, Condé-sur-Noireau, Vichy, Roanne, St-Dié et Bar-le-Duc. Elle s'est faite de temps immémorial, au moyen du tour de l'ourdissoir vertical ou asple et du métier à tisser à bras ; mais, depuis une vingtaine d'années, le tissage mécanique s'en est emparé et la réussit parfaitement ; il tend même à remplacer de plus en plus le tissage à bras. Cependant ce dernier aura encore longtemps, pensons-nous, sa raison d'être, à cause de la facilité qu'il donne aux cultivateurs de certains pays d'utiliser la morte-saison d'hiver et le répit que leur laissent, à certaines époques, les travaux des champs.

Fabrication. La fabrication mécanique comprend quatre opérations principales : le *bobinage*, l'*ourdissage*, le *parage* ou *encollage* des chaînes et,

enfin, le *tissage* sur des métiers mécaniques à une ou plusieurs navettes.

Bobinage. Le coton écru arrive au fabricant sous forme d'écheveaux qu'il fait blanchir et teindre suivant les exigences de sa spécialité. Les couleurs employées généralement sont : le noir, le bleu, le brun, le violet, le vert, le rouge, le jaune, comprenant toute la gamme des nuances plus ou moins foncées.

Le coton est enroulé sur des bobines cylindriques, munies de deux plateaux à leurs extrémités, pour en contenir la plus grande quantité possible ; la machine qui sert à cette opération est le bobinoir vertical ou horizontal, disposé de manière à ce qu'une ouvrière puisse soigner de 10 à 30 broches. Les bobines faites passent à la machine suivante.

Ourdissoir. Cette machine est pourvue d'un ratelier sur lequel on dispose de 300 à 500 bobines placées dans l'ordre exigé par le dessin que l'on a en vue. Elle se compose essentiellement d'un tambour horizontal mû par la transmission, il entraîne par friction un rouleau à cibles placé dessus et qui reçoit la réunion de tous les fils du ratelier sous forme d'une nappe : tous ces fils sont maintenus à leur place respective par un peigne ou râteau comportant autant de dents plus une qu'il y a de fils dans le rouleau : un second peigne, placé du côté du ratelier, concourt à maintenir tous les fils dans un parallélisme parfait.

Pareuse écossaise. Cette machine est destinée à réunir en une seule chaîne 8 rouleaux d'ourdissoir, placés 4 à 4 à chacune de ses extrémités et à donner au fil un apprêt combiné avec un brossage.

L'apprêt est donné par le passage de tous les fils dans de la colle de fécule de pomme de terre et le brossage par des brosses plates qui agissent alternativement au-dessus et au-dessous de la nappe, la lissent et en couchent le duvet. Le résultat de cette opération est de rendre les fils plus doux, plus lisses et, en même temps, plus forts, pour résister aux secousses et aux efforts qu'ils auront à subir sur le métier à tisser.

Encolleuse. Une autre manière d'apprêter les chaînes est produite par la machine à encoller, disposée en principe comme suit : les rouleaux d'ourdissoir sont disposés à l'une des extrémités, la masse des fils disposés en une seule nappe se rend dans un bain de colle maintenue bouillante par la vapeur, puis, ainsi imprégnée, elle passe entre deux paires de rouleaux en fonte qui en expriment l'excédent de colle. Puis la nappe fait le tour de deux grands cylindres ou tambours chauffés à la vapeur ; et, quand elle est sèche, la chaîne s'enroule comme précédemment sur une ensouple unique que reçoit plus tard le métier à tisser.

Métier mécanique. Il renferme les principes constitutifs du métier à tisser à bras, c'est-à-dire l'ensouple ou chaîne collée, la chasse ou battant, les harnais destinés à former l'ouverture de chaîne nécessaire à l'insertion de la trame, les marches qui font mouvoir les harnais, et enfin le rouleau-compteur produisant l'enroulement du tissu fait. Tous les métiers mécaniques sont, en outre, pourvus du casse-trame, petit mécanisme très simple, destiné à arrêter la machine, quand la trame est épuisée dans la navette ou qu'elle vient à casser.

Pour les cotonnades ordinaires à rayures et unies, on n'emploie que des métiers à une seule navette, mais lorsque l'on veut faire des carreaux plus ou moins compliqués, on a recours à ce que l'on appelle les doubles boîtes qui permettent de tisser avec deux ou plusieurs navettes.

Le cadre de cet article ne nous permet pas d'entrer dans des détails plus circonstanciés sur les mouvements employés pour faire paraître telle ou telle couleur dans le tissu : qu'il nous suffise de dire qu'on distingue deux genres principaux de mouvements de navettes multiples : le mouvement à boîtes verticales, dites *drop-boxes* en anglais et le mouvement circulaire ou tournant dit *revolver*. Ces mécanismes compliqués et délicats donnent la facilité de tisser des étoffes comportant jusqu'à douze couleurs différentes dans la trame. Ces cotonnades sortant du métier à tisser sont généralement vendues telles quelles à la consommation : cependant il y a une exception à faire pour celles destinées à la confection des chemises ou des robes, qui reçoivent un certain degré de blanchiment et d'apprêt qui leur donnent une plus belle apparence. — s.

* **COTONNER.** *T. techn.* Garnir de coton cardé le fil métallique d'une fleur artificielle. || Se dit des tissus qui se couvrent d'un duvet cotonneux.

* **COTONNETTE.** On désigne sous ce nom tous les articles en coton vulgairement désignés sous le nom de *cotonnades* ou *rouenneries*,, et qui sont unis, ou rayés, ou à carreaux, quadrillés, écossais, etc. La majeure partie des fils qui servent à faire la cotonnette sont teints avant tissage. Ces étoffes servent pour robes, tabliers, etc.

I. **COTONNIER.** Arbrisseau de la famille des *malvacées*, dont le fruit produit le duvet qui constitue le *coton*. On le cultive sur une échelle plus ou moins vaste en Amérique, dans les Indes, au Brésil, en Egypte, en Perse, dans l'Asie mineure, les îles de Malte, dans le Levant, en Afrique, etc. La tige est rameuse et la racine fibreuse et pivotante d'une hauteur variable de 60 centimètres à 2 mètres ; quelques espèces s'élèvent jusqu'à 6 mètres. Les feuilles sont plus ou moins larges, pétiolées, en trois, cinq ou sept lobes pointus ou arrondis. Les fleurs qui naissent à l'aisselle des feuilles, portées par de longs pédoncules, sont tantôt rouges et tantôt jaunes. La gousse, cosse ou fruit, dur à sa maturité, a une forme cloisonnée à quatre diaphragmes (fig. 580). Les graines, vertes ou noires, de trois à sept par cellule, se détachent facilement ou adhèrent fortement au duvet suivant l'espèce. La durée de la végétation de la plante annuelle est comprise entre six et sept mois, selon les climats et les saisons ; elle ne mûrit bien que sous l'influence d'une température de 45 à 48°.

Les diverses classifications adoptées pour le cotonnier par les naturalistes sont basées sur les différents caractères qu'il présente ; les uns, tels

que Linné, en distinguent cinq espèces. Decandolle en admet seize, d'autres naturalistes subdivisent encore cette classification ; les planteurs essayant chaque année de nouveaux croisements d'espèces, il serait fort difficile actuellement de reconnaître les espèces types.

Une classification générale, basée sur l'état du végétal, distingue:

1° Le cotonnier herbacé annuel ou arbrisseau;

2° Le cotonnier ligneux vivace ou arbre;

3° Le cotonnier de l'Inde (*gossypium indicum*) intermédiaire entre les deux précédentes variétés. Il atteint 3 à 4 mètres: sa tige est ligneuse à la partie inférieure; ses fleurs sont jaunes avec une tache purpurine à la base des pétales; les capsules ovales et coniques offrent quatre loges renfermant des graines arrondies, très adhérentes au duvet;

4° Le cotonnier des Barbades (*Barbadensis*) dont

Fig. 580. — *Le cotonnier, sa fleur et ses graines enveloppées de leur duvet.*

les tiges ont 2 à 3 mètres de hauteur; les fleurs en sont jaunes, les graines noires, nettes et lisses à la surface; elles adhèrent à peine aux filaments. Cette espèce, propagée aux Etats-Unis, a produit les variétés les plus estimées; elle comprend notamment le *Georgie longue-soie*, les *Nouvelle-Orléans*, *Mobile*, etc. et certaines variétés d'Egypte;

5° Le cotonnier du Pérou (*gossypium Peruvianum*); croît à une hauteur de 3 à 5 mètres; les fleurs sont jaunes avec une tache pourpre à la base de chaque pétale: les graines au nombre de huit ou dix adhèrent fortement au duvet; l'Amérique du Sud a surtout développé cette espèce qui fournit les variétés connues dans le commerce sous le nom de *Bahia, Maranham, Fernambouc* et autres venant du Brésil.

Les classifications botaniques sont moins importantes au point de vue de cette étude que celles commerciales ou industrielles; nous nous bornerons donc à l'énumération de la suivante, basée sur certaines particularités de la plante.

1° Le cotonnier à feuilles de vigne (*gossypium vitifolium*), arbuste de 3 à 4 mètres, cultivé à l'Ile Maurice et dans l'Amérique du Sud;

2° Le cotonnier velu (*gossypium hirsutum*), à tige rameuse, croît dans les parties les plus chaudes de l'Amérique du Sud;

3° Le cotonnier à larges feuilles (*gossypium latifolium*), arbuste de 1m,30 à 2 mètres, cultivé aux Antilles;

4° Le cotonnier à petites fleurs (*gossypium micranthum*), herbacé d'une hauteur de 0m,50 environ, est originaire de la Perse.

Culture et récolte. Le cotonnier ne croît que dans les pays chauds entre le 40e degré de latitude et la ligne équinoxiale et demande pour bien venir une terre bien irriguée, riche, amendée par des engrais consommés et de préférence des engrais végétaux, calcaires et surtout salins.

Les meilleurs terrains pour le cotonnier sont situés le long des cours d'eau et formés d'alluvions riches; ceux qui sont consistants et à sous-sol frais conviennent parfaitement sans être irrigués, tandis que les arrosages sont indispensables dans les sables riches et imperméables. Le sel marin paraît avoir une influence favorable à la qualité du coton produit, car c'est sur les bords de la mer que le cotonnier fleurit le mieux et donne les meilleurs produits. On a observé, en effet, qu'en mettant en terre, à différentes distances de la mer, plusieurs graines d'un même cotonnier à longue soie, la plus rapprochée produira un excellent coton; la deuxième, la troisième et ainsi de suite, *à égalité de soins*, un coton toujours plus court jusqu'à ce qu'enfin celles qui ont été plantées assez loin dans l'intérieur des terres, pour être en dehors de l'influence des brises de mer, produisent un coton tout à fait court.

Les semailles du cotonnier se font dès que les gelées blanches ne sont plus à craindre, c'est-à-dire avec une température de 12 à 15° au moins; en avril généralement. Lorsque les graines ont levé et que les jeunes cotonniers ont au moins quatre feuilles, il faut les biner afin de bien dégager les collets de la terre qui les entoure et de leur permettre de s'élancer rapidement; ces binages doivent être peu profonds, pour que les racines horizontales émises par le pivot, ne soient pas atteintes. On éclaircit alors les plants de manière à les distancer de 25 centimètres et, plus tard, de 30 à 40, suivant la fécondité du sol. Ces binages se répètent trois à quatre fois, mais doivent être suspendus dès que les capsules commencent à se montrer, car celles-ci tombent au moindre choc. A la fin du troisième mois après les semailles, on coupe souvent le sommet de la tige principale, afin d'arrêter la sève qui se porte vers la cime et de la forcer de refluer dans les branches latérales; elle détermine ainsi l'émission de nombreuses fleurs qui se comptent alors par 12 ou 15 sur chaque branche; on arrive de cette manière à augmenter considérablement le rendement. Dans les plantations soignées où le cotonnier a suffisamment d'air et de soleil, le fruit arrive de bonne heure à maturité; si, au contraire, la plante est ombragée et étouffée par le feuillage, la maturité se trouve retardée; souvent alors les pluies surviennent, mouillent les capsules qui sèchent difficilement, le coton s'échauffe, perd de son nerf et, par suite, de sa valeur; souvent aussi les capsules mouillées déteignent et tachent le coton.

La floraison dure, aux Etats-Unis, de la seconde quinzaine de mai à la fin de juin; elle a lieu plus tôt dans l'Inde et en Egypte, on a remarqué que généralement les récoltes sont d'autant plus abondantes que la floraison est plus précoce: celles de mai ont été suivies d'excellents résultats. La cueillette a lieu aux Etats-Unis du 1er octobre au 30 novembre, suivant la plus ou moins grande précocité de la saison. En Egypte, la première a lieu de la fin d'août au commencement de septembre.

A l'époque de la maturité, les capsules s'ouvrent et laissent échapper les filaments duveteux sous l'apparence d'une grappe plus ou moins longue; le coton est alors enlevé à la main et la gousse reste sur l'arbre, on sépare autant que possible du coton les débris de capsules et de feuilles sèches qui le saliraient; dans d'autres espèces, au contraire, comme celles cultivées dans les Indes, la gousse s'ouvre peu ou point; dans ce cas, on cueille le coton avec la gousse et ce n'est qu'en hiver que se fait le triage.

Le coton cueilli est étalé ensuite sur des claies exposées au soleil, qu'on met le soir à l'abri de la pluie et de l'humidité, et quand il est parfaitement sec, ce qui se reconnaît lorsque la graine craque sous la dent, on le rentre dans un local à l'abri de l'humidité. Dans certains pays, il n'est pas toujours possible de sécher le coton au soleil, à cause des brouillards et des pluies; on emploie alors des fours qui ont l'inconvénient de roussir facilement le coton, ou de lui donner une teinte jaunâtre en lui faisant perdre son brillant.

En Egypte, le fellah laisse en général au Nil le soin de féconder sa terre et d'assurer sa récolte; le coton obtenu de cette manière est laineux et grossier. Aussi n'est-ce que dans les grandes plantations que l'on arrive à de fortes récoltes et à une bonne qualité de coton, résultant des soins donnés à la culture, et, en particulier. de l'irrigation répétée 15 à 20 fois.

Un hectare de terrain produit environ:
Dans les Indes: 65 kilogrammes de coton;
En Amérique: 200 kilogrammes de coton;
En Egypte: 360 kilogrammes de coton.

Les utilisations nombreuses des différentes parties du cotonnier sont insignifiantes, si on se rapporte au traitement et à la consommation du duvet de cette précieuse plante *le coton*, qui atteint annuellement environ 6 millions de balles de 200 kilogrammes. Il est néanmoins un produit de cotonnier dont on tire depuis quelque temps un plus grand parti: c'est la graine.

Les graines du cotonnier, naguère encore abandonnées sans qu'on cherchât à en tirer parti, sont aujourd'hui traitées industriellement et cette exploitation rapporte de gros bénéfices.

Deux nouvelles industries importantes sont ainsi nées de cette exploitation en grand de la graine du cotonnier: la première consiste à recueillir les filaments de coton qui d'ordinaire échappent en quantité plus ou moins grande à l'*égrenage*

(V. ce mot) et qui restent adhérents aux graines ; la deuxième consiste à extraire des graines ainsi complètement dépouillées l'huile qu'elles contiennent.

L'importance de cette nouvelle industrie huilière n'échappera à personne, si l'on rappelle que la graine représente plus de quatre fois le poids net du coton récolté. En estimant à cinq millions de balles la récolte par an et la balle comptée à 180 kilogrammes seulement, on a 900 millions de kilogrammes de coton annuellement ce qui correspond à 3,870 millions de kilogrammes de graines, dont le rendement annuel en huile serait de *522,450,000 kilogrammes*. Aujourd'hui cette fabrication a pris une grande extension à la fois en Angleterre, en France, et surtout aux Etats-Unis.

Dans ce dernier pays, son importance peut être évaluée actuellement à 31 millions de dollars, c'est-à-dire à 160 millions de francs environ, et 56 usines spéciales traitent annuellement 450 millions de kilogrammes de graines de cotonnier.

Les opérations se succèdent dans l'ordre suivant : Les graines, telles qu'elles sont prises au sortir de l'égreneuse, machine qui est chargée de détacher les fibres de coton qui les entourent, passent dans une autre machine spéciale, à laquelle on pourrait donner le nom de *glaneuse* parce qu'elle a en effet pour objet de recueillir les quelques flocons ou filaments de coton qui ont pu échapper à l'action de la machine précédente. Les graines étant ainsi complètement mises à nu, sont ensuite conduites à une décortiqueuse où elles sont dépouillées de leur enveloppe ou cosse dont la consistance est comparable à celle du bois. Les amandes provenant des graines décortiquées sont ensuite soumises à un laminage entre deux cylindres presseurs qui les broient et les réduisent en farine. C'est de cette farine qu'on extrait l'huile. — V. Huile.

II. **COTONNIER, IÈRE.** *T. de mét.* Celui, celle qui travaille dans les manufactures de coton.

COTONNINE. *T. de tiss.* Sorte de tissu dont la trame est de coton et la chaîne de chanvre.

COTON-POUDRE. De tous les agents explosifs que, dans ces dernières années, on a tenté de substituer à la poudre, le coton-poudre est le seul qui ait pu être employé à tous les usages de la poudre : au tir des armes portatives et même des bouches à feu, aussi bien qu'à la rupture des obstacles et aux travaux de mines. C'est un produit détonant résultant de l'action de l'acide nitrique concentré sur le coton, lequel peut être considéré comme de la cellulose presque pure (V. Cellulose). On le nomme indifféremment *coton-poudre, poudre-coton, fulmi-coton, coton-fulminant, pyroxyline* et même *pyroxyle*, bien que cette dernière appellation s'applique d'une façon générale à tous les dérivés des substances ligneuses, telles que le coton, le papier, la paille, la sciure de bois, traitées par le même acide. — V. Pyroxyle.

Le coton-poudre est insoluble dans l'eau froide ou chaude, dans l'alcool et l'éther ainsi que dans le mélange de ces deux liquides, tandis que le *collodion* (V. ce mot), qui n'est qu'une variété de fulmi-coton, est au contraire soluble dans le mélange d'éther et d'alcool.

— Pelouze, ayant repris les essais faits en 1833 par le chimiste français Braconnot, a, le premier, réalisé en 1838, la transformation du coton en une substance détonante ; mais c'est au chimiste de Bâle, Schönbein, que revient le mérite d'avoir, en 1845, obtenu un produit assez stable pour pouvoir rivaliser avec l'ancienne poudre canon. De concert avec un autre chimiste de Francfort, Böttger, Schönbein soumit sa découverte à la Confédération germanique. Bien qu'ils eussent gardé leur secret, un grand nombre de procédés furent successivement et en très peu de temps publiés et employés pour l'obtention du coton-poudre ; tous revenaient à immerger le coton à froid dans l'acide azotique fumant, ou mieux encore dans un mélange d'acide azotique (1 partie) et d'acide sulfurique (3 parties). L'emploi des deux acides présente, en effet, cet avantage que l'eau produite pendant la réaction est absorbée par l'acide sulfurique, en sorte que l'acide azotique conserve sa concentration ; en outre, le volume plus considérable de la dissolution employée permet d'humecter le coton d'une manière à la fois plus complète et plus régulière. La nitrification du coton demande vingt-quatre à quarante-huit heures ; elle se fait dans des pots placés dans un bassin dans lequel circule un courant d'eau froide.

Le coton-poudre ainsi obtenu conserve l'apparence du coton ordinaire ; toutefois, les brins sont un peu moins flexibles, plus rudes au toucher et plus cassants.

En France, une commission spéciale, qui prit le nom de *Commission du pyroxyle*, fut instituée à Vincennes, en 1846, et chargée d'exécuter toutes les recherches relatives à ce nouvel explosif ; on installa alors la fabrication en grand du coton-poudre à la poudrerie du Bouchet. La question du coton-poudre fut mise à l'ordre du jour en Angleterre et en Russie, aussi bien qu'en Allemagne et en France. Mais plusieurs explosions qui eurent lieu successivement ; en Angleterre, à l'usine de Faversham, en 1847, puis en France, au polygone de Vincennes, la même année, et à la poudrerie du Bouchet, l'année suivante, explosions que l'on attribua au peu de stabilité des produits fabriqués et à leur décomposition spontanée, jetèrent bientôt la défaveur sur le coton-poudre. En France, la coïncidence de ces accidents et des événements politiques de 1848 y fit abandonner alors complètement l'étude de ce nouvel explosif. Du reste, les propriétés brisantes dont il avait fait preuve et la rapidité avec laquelle il dégradait les armes le rendaient dangereux pour le chargement des armes portatives, tandis que l'élévation de son prix de revient était alors considéré comme un empêchement pour son emploi dans les travaux de mine.

En 1859, un officier de l'artillerie autrichienne, le baron Lenck, réussit à doter son pays d'un système complet de canons rayés de campagne, basé sur l'emploi du coton-poudre. Persuadé que de la propreté du produit devait dépendre sa stabilité, il avait perfectionné les procédés de fabrication, particulièrement le trempage et les lavages ultérieurs ; en outre, au lieu d'employer le coton-poudre en floches, il en formait des tresses de façon à pouvoir donner plus facilement aux charges une forme et une capacité convenables. Plusieurs explosions survenues coup sur coup, de 1862 à 1865, décidèrent l'Autriche à renoncer, elle aussi, à l'emploi du coton-poudre.

Le chimiste anglais Abel, directeur du laboratoire de chimie de Woolwich trouva, en 1865, le moyen, en réduisant le coton-poudre en pâte, de façon à en faciliter le lavage, et en moulant ensuite les charges par une compression énergique, d'obtenir un produit beaucoup plus stable et, par suite, bien moins dangereux, d'un emploi

fort commode et donnant des effets beaucoup plus considérables pour un même volume de matière. La fabrication du *coton-poudre comprimé* fut installée à l'usine de Stowmarket, créée en 1864 pour l'exploitation du procédé de fabrication Lenck, ainsi qu'à la poudrerie royale de Waltham-Abbey.

Le coton-poudre comprimé présente l'aspect d'une masse légèrement jaunâtre ayant une consistance semblable à celle du carton; sa densité est de 1,05 environ. Enflammé à l'air libre, par une élévation brusque de température ou par le contact d'un corps en ignition, il brûle sans explosion avec une longue flamme jaune.

En 1868, M. Brown, préparateur d'Abel, constata que le coton-poudre comprimé pouvait, même sans bourrage, détoner sous l'influence d'une capsule chargée de fulminate de mercure. La question de l'emploi du coton-poudre paraissait dès lors définitivement résolue en Angleterre, et la consommation, pour armes de chasse et en charges diverses pour le travail des mines et le sautage des rochers, avait acquis des proportions importantes, lorsque en 1871, une épouvantable catastrophe, qui détruisit en partie l'usine de Stowmarket, faillit faire de nouveau renoncer à son emploi. Cependant, comme la cause de cette explosion put être attribuée à la malveillance, on n'en continua pas moins de fabriquer du coton-poudre en Angleterre; mais il fut décidé que le coton-poudre étant insoluble et inaltérable dans l'eau, serait conservé dans les magasins à l'état humide, et séché seulement au moment de l'emploi.

Une nouvelle découverte faite peu de temps après, en 1873, par M. Brown, vint faciliter l'emploi du coton-poudre comprimé humide. Ce chimiste reconnut que la détonation d'une masse considérable de coton-poudre comprimé humide pouvait être provoquée en faisant détoner, par l'intermédiaire habituel d'une amorce fulminante, une petite charge de coton-poudre semblable préalablement séchée.

Depuis lors, le coton-poudre comprimé, employé à l'état humide, est devenu, en Angleterre, l'explosif généralement adopté pour les besoins du génie militaire, le chargement des mines sous-marines et principalement des torpilles. Pour ce dernier usage, son exemple a été suivi par toutes les autres puissances.

En France où, conformément à la loi du 13 fructidor an V, le coton-poudre est resté compris dans le monopole des poudres réservé à l'Etat, le service des poudres et salpêtres à créé, en 1874, l'usine du Moulin Blanc, près Brest, spécialement pour la fabrication du coton-poudre comprimé de façon à assurer les approvisionnements nécessaires à notre marine qui tout d'abord avait dû s'adresser à l'usine anglaise de Stowmarket pour assurer le chargement de ses torpilles. La fabrique du Moulin Blanc prépare également, pour l'emploi dans les mines, de petits cylindres, dits cylindres de mines de 25 millimètres de diamètre et 30 millimètres de hauteur, avec canal central de 5 millimètres de diamètre, pesant 25 grammes environ à l'état sec. Des fabriques de coton-poudre ont été établies également dans ces dernières années, en Allemagne, à Krappenmühle.

Le coton-poudre comprimé, à l'état humide, présente l'avantage d'être sensible aux effets des chocs et du frottement; seulement en s'imbibant de plus en plus, par suite d'un séjour prolongé dans l'eau, il devient de plus en plus inerte et lorsque la proportion d'eau dépasse 20 à 25 pour 100, il faut pour le faire détoner augmenter le poids de la charge d'amorce ou le faire sécher à nouveau. Pour s'opposer à une trop grande absorption d'eau par le coton-poudre formant le chargement des torpilles, destinées à rester longtemps sous l'eau et dont l'enveloppe n'est jamais complètement étanche, on peut avoir recours à un serrage mécanique rendant toute expansion de la matière impossible au delà d'une certaine limite correspondant à un degré d'humidité déterminé. Ce serrage s'obtient soit en assurant le contact de la charge avec les parois, soit en maintenant le coton-poudre comprimé entre des plaques métalliques reliées par des boulons.

Le coton-poudre destiné au chargement des torpilles est moulé sous forme de gâteaux ou carreaux prismatiques ou cylindriques, de disques ou secteurs évidés ou pleins; pour les torpilles automobiles, on fabrique des gâteaux tronconiques, de la forme même des chambres des différents types de torpilles. Ces gâteaux sont conservés à l'état humide, aussi bien à terre qu'à bord des navires, dans des caisses en bois ou en cuivre permettant d'opérer à nouveau l'humectation tous les trois mois; avant de procéder à cette opération, on examine avec soin les gâteaux un à un; au commencement et à la fin on s'assure à l'aide d'une bande de papier bleu de tournesol que le coton-poudre ne présente aucune trace d'acidité. Tout gâteau donnant des signes de décompositions est mis à part et conservé dans l'eau alcaline (3 0/0 de carbonate de soude); si l'altération est trop accentuée, il doit être brûlé à l'écart et en plein air sur un feu vif. Le coton-poudre destiné à l'amorçage est séché au moment du besoin dans une étuve chauffée à 55° au plus.

Les magasins doivent être disposés de façon à garantir le coton-poudre contre l'action directe d'une lumière trop vive et contre les effets d'une chaleur trop intense ou d'un froid trop rigoureux. Il est interdit d'emmagasiner du coton-poudre sec dans le même local que le coton-poudre humide; de même on ne doit y placer aucune autre substance détonante, spécialement des poudres fulminantes ou des amorces. Il est défendu de faire détoner du coton-poudre dans le voisinage du magasin, dans un rayon de 100 mètres au moins. Les autres prescriptions à observer pour la disposition des magasins, l'éclairage, etc., sont à peu près les mêmes que pour la poudre (V. POUDRE); il en est de même pour les transports. Avant l'expédition, le coton-poudre doit être humecté avec soin; si le transport doit durer plusieurs jours, on colle du papier goudronné sur le joint des caisses. On doit éviter de laisser les caisses exposées au soleil, ou bien alors il faut avoir soin de les recouvrir d'une toile, que l'on arrose à plusieurs reprises pendant le jour.

Depuis 1879, l'armée allemande emploie pour les usages de la guerre le *coton-poudre paraffiné*, qui contient 20 0/0 environ de paraffine. Le mélange s'obtient, soit par l'immersion prolongée du coton-poudre dons un bain de paraffine maintenue en fusion, par la trituration sous les meules de paraffine solide et de coton-poudre à l'état pulvérulent. Le coton-poudre paraffiné présente l'aspect du bois, on peut le raboter, le scier, le percer et le tourner

avec des outils en fer sans crainte de danger. Le choc d'un marteau ou d'une balle ne le fait pas détoner, tandis que dans les mêmes conditions le coton-poudre comprimé sec peut prendre feu. Pour déterminer la détonation il faut, comme pour le coton-poudre comprimé humide, recourir à l'emploi d'une cartouche amorce ordinaire sèche.

On fait encore usage en Angleterre de différentes autres espèces de coton-poudre, fabriquées par des procédés un peu différents et qui sont généralement caractérisés par l'addition d'azotates destinés à fournir pendant l'explosion de l'oxygène en quantité suffisante pour que la combustion soit complète. Le plus connu de ces produits, dû également au chimiste Abel, est le *coton-poudre nitraté* de Faversham, dit *coton-powder*, tandis que le coton-poudre comprimé est connu sous le nom de *gun-coton*. Ce coton-poudre est moins sensible au choc et a des propriétés moins brisantes ; au point de vue économique, il présente l'avantage d'être bien moins coûteux, le prix de revient de l'azotate étant le quart seulement de celui du coton-poudre. Enfin, ce mélange a surtout pour but de rendre l'emploi du coton-poudre applicable aux mines, en supprimant la production des gaz délétères, que développe la combustion du coton-poudre seul.

Dans ces dernières années les usines Nobel, qui ont à peu près dans toute l'Europe le monopole de la fabrication de la dynamite, ont imaginé de fabriquer une nouvelle sorte de dynamite d'une grande puissance, dite *dynamite-gomme* ou *gélatine explosive*, qui est formée de 93 à 94 0/0 de nitroglycérine incorporée à 6 à 7 parties d'un fulmicoton spécial, soluble dans la nitroglycérine et analogue sans doute au collodion. — V. DYNAMITE. EXPLOSIFS.

COTTE. *T. de cost.* Au moyen âge, on donnait ce nom à un vêtement d'homme qui s'attachait à la ceinture et descendait jusqu'aux genoux. || On appelait *cotte de mailles*, une armure consistant en une sorte de chemise faite de petits anneaux de fer entrelacés ; on donnait encore à ce vêtement les noms de *jaque*, *jaquette*, *gollette*, *brugne*, *haubergeon*, *jaseran*, etc. || La *cotte d'armes* était une espèce de dalmatique, souvent fort riche, que les hauts barons et les hérauts d'armes revêtirent pendant la troisième croisade, pour préserver leurs armures des ardeurs du soleil d'Orient, et dont on fit plus tard un costume de parure et de cérémonie. — V. ARMURE.

* **COTTE** (ROBERT de). Architecte, né à Paris en 1657, mort en 1735. Il exécuta un grand nombre de travaux sous les ordres de Mansart, son maître ; à la mort de ce dernier, il devint architecte du roi et directeur de la Monnaie des médailles. On lui doit la chapelle de Versailles, la colonnade de Trianon, le maître-autel de Notre-Dame, le dôme des Invalides, l'hôtel de la Vrillière (Banque de France), les dessins de la place Bellecour, à Lyon, le portail de Saint-Roch, etc.

COUCHE. 1° On nomme *couches* les différents lits superposés dont se compose un terrain. || 2° Se dit de toute substance qui est étendue sur une autre, de manière à la couvrir. || 3° Partie de derrière de la monture d'un fusil. || 4° Chez les peaussiers, réunion de peaux superposées que l'on met ensemble sur le chevalet pour les travailler successivement, ou réunion de peaux pliées en double, pour former un fond élastique destiné à recevoir les peaux à épiler ou à débourrer. || 5° *Couche de ciment.* Enduit de chaux et de ciment qui sert à faire le corroi d'une citerne, d'un aqueduc, d'un bassin, etc. || 6° Chez les charpentiers, pièce de bois plate sur laquelle porte le pied d'un étai pour lui donner une base plus large.

* **COUCHE** (CHARLES), inspecteur général des mines, né le 24 janvier 1815, mort le 24 juillet 1879. Il fut un des membres les plus éminents du corps des mines ; depuis 1848 il était professeur de construction et de chemins de fer à l'Ecole nationale des mines, et il exerça pendant plus de 20 ans les fonctions d'ingénieur du contrôle de l'Etat, près les chemins de fer de Paris à Lyon et de l'Est. Il fut nommé en 1878, à l'occasion de l'Exposition universelle, président du jury de la classe 64 (chemins de fer).

M. Couche publia un grand nombre de mémoires relatifs à des questions de chemins de fer ; mais tous ces travaux sont venus se fondre dans un grand ouvrage qui a paru de 1867 à 1874 sous le titre de *Voie, matériel roulant* et *exploitation des chemins de fer,* dont les trois volumes résument trente années de son existence.

Ce traité est actuellement le recueil le plus complet et le plus instructif qui ait été publié sur cette matière, et longtemps après que les types décrits par l'auteur auront fait place à d'autres plus récents, on ira encore chercher dans ce livre l'exposé lumineux des principes à observer, et le modèle d'une discussion à la fois savante et pratique.

* **COUCHÉ, ÉE.** *Art hérald.* Se dit d'une pièce dont la face regarde le côté droit de l'écu. || Représentation du dauphin dont la tête et la queue sont tournées vers la partie inférieure de l'écu. || Se dit encore des pièces de longueur mises dans une position horizontale.

* **COUCHE-POINT.** *T. techn.* Trépointe du talon, d'un soulier ou d'une botte.

COUCHER. *T. techn.* Etendre. || *Coucher d'assiette.* C'est, chez les doreurs, étendre une couleur rougeâtre sur la pièce pour la préparer à recevoir la dorure. || *Coucher de fond.* Etendre, avant l'impression, une couleur sur le papier de tenture.

* **COUCHEUR.** *T. de mét.* Ouvrier qui, dans une papeterie, reçoit la forme de papier et la renverse sur les flotres.

COUCHIS. 1° *T. de charp.* Pièce de bois qui reçoit le pied ou la tête d'un étai, d'une contre-fiche. || 2° Madriers placés sur les ferrures d'un cintre et destinés à supporter une voûte pendant la construction. || 3° *T. de maçonn.* Lattis à lattes jointives clouées sur les solives d'un plancher pour recevoir la maçonnerie. || 4° *T. de p. et chauss.* Lit de sable et de graviers sur lequel on asseoit le pavage d'un pont.

* **COUCHOIR.** *T. techn.* Petit instrument de bois avec lequel les doreurs et les relieurs prennent la

feuille d'or. || Dans une papeterie, table sur laquelle le coucheur renverse les feuilles de papier.

COUCOU. Horloge de bois, à poids suspendus par des cordes ou des chaînes, et munie d'un petit oiseau mécanique qui, au moment de la sonnerie, paraît à une petite fenêtre pendant que le mécanisme fait entendre un cri analogue à celui du coucou.

* **COUCY** (Robert de), architecte de la première moitié du XIII^e^ siècle. Il succéda à Hugues Libergier comme architecte de la cathédrale de Reims. D'après le *Dictionnaire des architectes français* de A. Lance, son fils, qui se nommait aussi *Robert*, travailla à l'édification de la cathédrale et fut l'un des architectes de l'église Saint-Nicaise, dans la même ville. Il mourut en 1311.

COUDE. *T. techn.* Bout de tuyau en tôle, en fonte, en zinc, etc., formant un angle et qui s'emboîte dans un autre tuyau pour changer la direction d'une conduite.

* **COUDER.** *T. techn.* Contourner, plier en forme de coude un tuyau, une barre de métal.

* **COUDIÈRE.** — V. Armure.

* **COUDRE** (Machine à). — V. Couseuse mécanique.

* **COUDREMENT.** *T. de tann.* Opération par laquelle on met les peaux au sortir du travail de rivière dans des jus de tannée, d'abord très faibles et dont on augmente graduellement la force.

COUDRIER. Le genre coudrier renferme plusieurs espèces d'arbrisseaux, la plus connue est le *coudrier commun* ou *noisetier avelinier (corylus avellana)*. Il est très répandu en Europe. Son bois est tendre, blanc roux, d'un grain qui, quoique assez égal, ne prend pas un très beau poli. On l'emploie pour faire des pieux, des cercles, des claies, des fourches, des ouvrages de vannerie. Il donne un charbon très léger, parfaitement approprié à la fabrication de la poudre. Ce charbon peut remplacer le fusain des dessinateurs. La noisette produite par le coudrier est utilisée, par les confiseurs, pour la fabrication des dragées, et on en retire par la pression une huile analogue à l'amande douce.

* **COUETTE.** *T. de mar.* Les couettes ou *coittes* sont des pièces de bois disposées parallèlement à la quille d'un bâtiment en construction ; elles supportent toute la charge du ber, et glissent avec lui et tout le bâtiment dans l'opération du lancement. Deux autres couettes maintiennent l'écartement des premières et leur servent de coulisse quand elles quittent le chantier, entraînant le bâtiment à l'eau. || *T. techn.* Crapaudine supportant le pivot d'un tour.

COULAGE. 1° *T. de céram.* Défaut dans les couvertes des poteries.—V. Céramique, § *Défaut des glaçures.* || *Moulage par coulage.* Mode particulier de moulage des poteries avec des pâtes liquides. || 2° *T. de fond.* Action de verser dans le moule le métal en fusion. || 3° *T. de télégr.* Allongement que produisent sur un câble sous-marin les sinuosités du fond de l'eau ou la marche irrégulière du navire chargé de la pose. || 4° *T. de constr.* Procédé employé pour descendre le *béton* (V. ce mot) au fond de l'eau dans les constructions hydrauliques. Jusqu'à deux mètres de profondeur, on coule le béton en talus ; on descend d'abord, à l'aide d'une coulotte, une certaine quantité de béton qui se répand en talus, sur lequel on continue à jeter le béton à la pelle jusqu'à l'achèvement du massif. Au delà de 2 mètres on emploie des caisses prismatiques ou demi-cylindriques qu'on descend, à l'aide d'un treuil, à environ 0^m^,30 du fond et qu'on vide, soit en les basculant, soit en les faisant ouvrir, à l'aide d'un système de leviers, par le milieu ou par le fond. || 5° *T. de glac.* Opération qui a été substituée au *soufflage* et qui permet d'obtenir des glaces de dimension considérable et d'épaisseur régulière. || 6° *T. de savon.* Opération qui consiste à couler la masse du savon pour le mettre en forme. || 7° *T. de blanch.* — V. Blanchissage.

COULANT. *T. techn.* Anneau de fer qui maintient rapprochées les branches d'une tenaille de forge. || *T. de min.* Planche chevillée snr le boisage d'un puits d'extraction pour empêcher les bennes en mouvement de s'accrocher à ce boisage.

COULÉ. *T. techn.* Ouvrage jeté en moule. || *T. de peint.* Première teinte donnée à une ébauche. || *Sirop coulé,* sirop filtré ; *papier coulé,* amas de pâte dans une partie d'une feuille due à la répartition inégale de la matière.

COULÉE. *T. de métall. et de fond.* Action de jeter en moule. || Ouverture pratiquée au niveau du fond du creuset pour l'écoulement du métal fondu. On donne encore ce nom à l'ensemble des opérations par lesquelles le métal est conduit dans les moules. — V. Fonderie. || Nom d'un *caractère d'imprimerie.* — V. cet article.

COULER. *T. de fond.* Fondre et jeter au moule une statue, un canon, etc. || *T. de glac. Couler une glace,* c'est verser la matière sur la table disposée pour l'opération du coulage.

COULETTE. *T. de passem.* Broche garnie d'une sorte de bobine qui sert au retordage.

I. **COULEUR.** Ce mot peut être considéré sous divers rapports : physique, physiologique, artistique et technologique. De là les différents sens qu'on lui attribue et les propriétés particulières qui s'y rattachent. Il convient donc de traiter séparément la question des couleurs à chacun de ces points de vue.

COULEUR AU POINT DE VUE PHYSIQUE

1° Ce mot exprime les qualités spécifiques qui caractérisent les rayons lumineux ; 2° il désigne la propriété que possèdent les corps d'envoyer en tous sens telle ou telle espèce de rayons de lumière, soit par réflexion ou absorption, soit directement s'ils sont lumineux par eux-mêmes ; 3° il indique aussi la nature de la sensation particulière produite dans l'œil par les rayons lumineux ; 4° enfin, il s'emploie pour désigner toute substance matérielle qui jouit de la propriété de pro-

duire sur notre organe une sensation visuelle spéciale.

Bien qu'il soit impossible de séparer absolument les effets physiques des effets physiologiques de la lumière, puisqu'en définitive, les uns comme les autres sont perçus par l'organe de la vision et que les *sensations* qui en résultent, dans l'un et l'autre cas, sont du domaine de la physiologie et même de la psychologie, néanmoins on peut considérer comme *couleurs physiques* proprement dites, celles qui se produisent en dehors de l'organe de la vision, et c'est de celles-ci qu'il sera spécialement question dans cette première partie; tandis que les couleurs dont les modifications se passent dans l'organe même formeront la partie qu'on peut appeler *physiologique*.

Avant de traiter la question des *couleurs*, il convient de dire quelques mots de la *lumière* elle-même qui les engendre.

Pour expliquer les phénomènes lumineux, les couleurs et tous les effets qui en dérivent, on admet que la lumière est le résultat d'un mouvement vibratoire prodigieusement rapide des particules matérielles des corps dits *lumineux*, comme le soleil ou les lumières artificielles, mouvement transmis à un fluide impondérable, éminemment élastique, d'une extrême ténuité, qu'on nomme *éther*, répandu dans les espaces célestes et entre les molécules et les atomes des corps matériels. L'éther, à son tour, transmet ces vibrations, en ondes sphériques (comme l'air transmet les vibrations sonores), avec une vitesse d'environ 300,000 kilomètres par seconde, vitesse qui est la même pour toutes les ondes, petites ou longues, pour toutes les radiations quelles que soient leur source, leur nature, leur intensité. Tant que l'ébranlement se propage dans un milieu homogène, rien n'est changé à cette vitesse, même par suite de la rencontre d'un corps qui réfléchit ces ondes en partie ou en totalité; mais dès que celles-ci passent d'un milieu dans un autre plus ou moins réfringent, il y a changement de vitesse et de direction. Les ondes à courtes périodes sont plus ralenties et plus déviées que les autres. Dès lors les rayons qui constituent la lumière blanche se séparent et les couleurs apparaissent, comme on va le voir plus loin.

Les couleurs seront examinées ici : dans leurs divers modes de production (par réfraction, réflexion, absorption, etc.), dans leurs qualités physiques et dans leur classification.

Couleurs par réfraction. Lorsqu'on fait arriver dans une chambre obscure un rayon de lumière solaire, dite *lumière blanche*, et qu'on présente sur son trajet un prisme triangulaire en cristal, le rayon, après avoir traversé le prisme se divise, s'étale en faisceau et montre séparées les *couleurs* qui la composaient avant son entrée. Si on les reçoit sur un écran perpendiculaire à leur direction, on trouve qu'elles sont, d'après Newton, au nombre de sept principales, rangées dans l'ordre suivant : *rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet*.

Leur ensemble constitue le *spectre solaire;* on les nomme aussi *couleurs du prisme, couleurs de l'iris*. En réalité, il y a une infinité de couleurs dans le spectre solaire; car le passage de l'une quelconque d'entre elles à la suivante se fait par transition insensible. Newton lui-même ne considérait ses sept couleurs que comme des échelons convenablement espacés de l'échelle indéfinie des nuances. Quant aux solutions de continuité très délicates et très nombreuses qu'on y trouve et qu'on nomme *raies du spectre*, elles sont autant de points de repère pour la délimitation des couleurs.

Les couleurs du spectre sont *simples*, c'est-à-dire que chacune d'elles, prise isolément, n'est plus décomposable en traversant de nouveau un prisme; elle est seulement étalée; le rouge, par exemple, ne produit que du rouge plus ou moins épanoui.

Les divers rayons qui composent la lumière blanche sont *inégalement réfrangibles;* c'est précisément pour cette raison qu'ils se séparent à leur entrée dans le prisme (pour une incidence oblique) et à leur sortie. Suivant la nature du prisme, en flint-glass, en sulfure de carbone, etc., les couleurs sont plus ou moins réfractées et occupent, dans le spectre, des étendues relatives différentes. C'est ce phénomène qu'on nomme *dispersion*. Il s'explique, dans le système des ondulations, par la différence de vitesse des diverses ondes qui constituent la lumière blanche, quand ces ondes, les unes longues, les autres courtes, passent d'un milieu dans un autre plus ou moins réfringent.

Quelque nombreux et variés que soient les phénomènes des couleurs, tous dépendent des faits importants qui constituent le principe de Newton, à savoir : la *décomposition* de la lumière blanche en couleurs *simples* et inégalement réfrangibles.

Les couleurs des corps de la nature et celles que l'art nous présente ne sont généralement pas *simples*, bien qu'on leur donne les noms des couleurs simples du spectre solaire; ainsi les fleurs, les pierres précieuses, les matières tinctoriales, les couleurs employées en peinture, étant regardées à travers un prisme montrent leurs bords irisés, preuve qu'elles sont décomposables.

Récomposition de la lumière blanche. Après avoir décomposé la lumière blanche au moyen du prisme, on peut la recomposer en réunissant sur un même point tous les rayons colorés qui constituent le spectre. L'opération se fait en recevant le spectre entier, soit sur une lentille convexe qui les fait converger à son foyer, soit sur un miroir concave produisant un effet analogue ; on peut aussi accoler au premier prisme un second prisme pareil, disposé inversement, de manière que les faces d'entrée et de sortie des rayons soient parallèles, alors la lumière émergente est blanche, excepté cependant sur les bords du faisceau où la recomposition a été incomplète. En faisant tourner rapidement un cercle dont les secteurs sont peints comme les couleurs du spectre, on reproduit un gris presque blanc, mais ici la recomposition se fait sur la rétine. La recomposition de la

lumière par la réunion des divers rayons du spectre ne donne du blanc parfait qu'à la condition que les rayons de toutes les réfrangibilités y concourent. Si, par exemple, on supprime dans le spectre le violet, le blanc résultant de toutes les autres couleurs tire sur le jaune; en supprimant de plus le bleu, le reste des couleurs donne du jaune rouge ; si l'on supprime jusqu'au vert, il reste un rouge écarlate. Si l'on commence la suppression par l'extrémité rouge, le blanc résultant passe au vert pâle, puis au bleu. Si l'on supprime les couleurs du milieu, le reste des couleurs donne un mélange pourpre cramoisi. Il résulte de là qu'en supprimant certaines parties du spectre, on peut produire telle couleur que l'on voudra pouvant imiter toute teinte naturelle ou artificielle.

Couleurs composées. MÉLANGE DES COULEURS. Newton a divisé les couleurs en *simples*, ou *élémentaires* ou *primitives*, et en *composées*. Les premières sont celles qui se voient dans un spectre bien pur. Les secondes sont formées par le mélange des couleurs simples deux à deux, trois à trois, etc. D'après Helmholtz, il n'y aurait que trois couleurs simples : le *rouge*, le *jaune* et le *bleu*, car avec elles on peut reproduire toutes les autres couleurs, du moins approximativement. Brewster, admettant l'idée d'Helmholtz, a expliqué comment il comprend que la réunion des trois couleurs élémentaires (rouge, jaune, bleu) puisse, par des mélanges en proportions convenables, donner toutes les autres teintes. Après avoir trouvé, au moyen d'observations faites sur le spectre solaire à l'aide de lames colorées, qu'il y a du rouge, du jaune et du bleu dans toute l'étendue du spectre, il a admis que le spectre solaire est composé de trois spectres superposés, ayant la même étendue, l'un rouge, le second jaune, le troisième bleu; mais les maxima d'intensité de ces couleurs se trouvent assez éloignés les uns des autres: d'où il résulte, pour Brewster, qu'il n'y a que trois couleurs fondamentales avec lesquelles on peut produire toutes les autres. Cette théorie a été admise par les peintres, pour les couleurs matérielles, mais elle n'a pas été acceptée par les physiciens pour les couleurs spectrales. D'après Young, avec ces trois couleurs spectrales, mélangées en telles proportions que l'on voudra, il n'est pas possible d'obtenir du blanc parfait. Les trois suivantes : le *rouge*, le *vert* et le *violet*, approcheraient plus de ce résultat que les précédentes. Il faudrait mélanger cinq couleurs au moins, rouge, jaune, vert, bleu et violet pour obtenir toutes les nuances du spectre et le blanc pur. Si par la réunion de trois couleurs matérielles on peut réussir à reproduire toutes les couleurs usitées en peinture, cela tient au peu d'éclat des nuances obtenues et à ce qu'on ne prend pas la peine de les comparer à celles du spectre solaire dont elles diffèrent notablement dans la plupart des cas.

Etant données deux couleurs simples, quelle sera la couleur résultant de leur mélange, et inversement, une couleur étant donnée, quelles composantes faut-il prendre pour la reproduire?

Plusieurs moyens ont été proposés pour résoudre cette double question ; voici celui de Newton:

Construction de Newton. On partage une circonférence en sept parties proportionnelles à l'étendue que chacune des couleurs simples occupe dans le spectre solaire, c'est-à-dire proportionnellement aux nombres suivants :

Rouge	Orangé	Jaune	Vert	Bleu	Indigo	Violet
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{9}$

ou, en degrés :

60°45′	34°10′	54°41′	60°45′	54°41′	34°10′	60°45′

On marque le centre de gravité de chacun de ces arcs et on leur suppose appliquées des forces parallèles proportionnelles à l'étendue des surfaces colorées comprises dans les divers secteurs. La teinte de chacun de ceux-ci va en diminuant d'intensité de la circonférence au centre qui est blanc. Veut-on savoir quelle sera la couleur résultant du mélange de deux autres? On opère comme pour déterminer la résultante de deux forces parallèles de même sens. Le point d'application de celle-ci se trouve dans la couleur cherchée. Il peut tomber au centre; alors les deux couleurs donnent du blanc et sont dites *complémentaires*. Il résulte de cette construction : 1° que deux couleurs consécutives donnent par leur mélange une nuance intermédiaire ; excepté le rouge et le violet qui ne se suivent pas dans le spectre; 2° que deux couleurs, séparées par une troisième, donnent cette dernière; ainsi le rouge avec le jaune donne l'orangé; le jaune mélangé au bleu donne du vert. L'indigo et le rouge cependant donnent une teinte qui diffère du violet.

Quant à la seconde partie du problème : étant donnée une couleur, la décomposer en deux autres, elle admet, dans sa généralité, une infinité de solutions; mais si l'une des composantes est également donnée, l'autre se trouvera déterminée et on l'obtiendra par une construction analogue à celle qu'on emploie pour la décomposition d'une force en deux autres parallèles. S'il s'agissait de trouver la couleur produite par le mélange de trois, quatre, etc. couleurs, on procèderait comme pour la composition de trois, quatre, etc. forces parallèles.

Couleurs complémentaires. Nous avons dit qu'on nommait ainsi deux couleurs dont la réunion donne la sensation du blanc. Toute couleur, simple ou composée, a sa complémentaire ; et même chaque couleur a une infinité de complémentaires, puisqu'à l'une ou à l'autre on peut ajouter du blanc, en proportion quelconque, sans cesser d'obtenir du blanc par le mélange de deux couleurs primitives complémentaires. Il existe donc une infinité de groupes binaires de couleurs qui, combinées en proportions convenables, donnent du blanc. A l'exception du vert pur, toute couleur simple du spectre est complémentaire d'une autre couleur simple, ainsi :

Le rouge a pour complémentaire le vert (bleuâtre).
L'orangé — — le bleu.
Le jaune — — le violet.
Et réciproquement.

Cette propriété des couleurs spectrales, prises deux à deux, a été découverte par Newton qui a donné différents moyens de les déterminer, entre autres celui du mélange des poudres et des liquides. Mais pour que deux couleurs simples complémentaires puissent former du blanc par leur réunion, il faut que leurs intensités soient dans un certain rapport qui n'est pas celui de l'intensité de ces mêmes couleurs dans le spectre solaire. Les couleurs complémentaires ayant une grande importance au point de vue des applications, nous donnerons ici divers procédés employés à leur détermination.

1° On a d'abord le *cercle chromatique de Newton* (V. Cercle chromatique). Quand le point d'application de la résultante de deux couleurs tombe au centre blanc du cercle, les deux couleurs comparées sont complémentaires. Tout diamètre du cercle indique à ses extrémités des teintes complémentaires. Il en est de même du *cercle chromatique* de M. Chevreul. — V. plus loin Classification des couleurs ;

2° Le mélange des poudres et des pigments donne encore un moyen de déterminer les compléments ; mais comme ces couleurs matérielles sont rarement simples, le résultat de leur réunion ne peut donner que des indications approximatives ;

3° La réunion de deux liquides présente le même degré d'incertitude. On forme un liquide incolore en mêlant une dissolution rose d'un sel de nickel avec une dissolution bleue d'un sel de cobalt ; ces liquides agissent comme s'ils étaient superposés ;

4° En plaçant devant les yeux un verre rouge et un verre vert, convenablement choisis et superposés, on peut avoir la sensation du blanc. L'un des verres colorés étant sur l'œil droit et l'autre sur l'œil gauche, on a aussi la sensation du blanc ; ici la recomposition de la lumière se fait sur la rétine.

Un moyen simple et pratique de trouver assez approximativement le complément d'une couleur donnée consiste à prendre une ouverture de compas égale à la demi-longueur du spectre solaire (ou d'un spectre chromo-lithographique) et de poser l'une des pointes sur la couleur donnée, l'autre pointe tombera sur la couleur complémentaire. Les autres procédés employés pour déterminer les compléments des couleurs, et par lesquels le mélange des teintes se fait sur la rétine, seront exposés plus loin. — V. Couleur au point de vue physiologique.

Les couleurs composées se comportent, sous le rapport de la teinte de leurs complémentaires, comme les couleurs simples. Six couleurs du spectre solaire réunies sont toujours complémentaires de la septième couleur avec laquelle elles forment de la lumière blanche.

Parmi les couleurs produites par réfraction, il faut citer encore les couleurs de l'arc-en-ciel simples ou multiples, celles des halos et couronnes solaires ou lunaires, parhélies, anthélies, etc.

Couleurs par réflexion. Cause physique de la couleur des corps. Quand de la lumière, naturelle ou artificielle, rencontre un corps dont la surface est parfaitement polie, elle se *réfléchit* régulièrement, géométriquement, en totalité et sans se décomposer. Lorsque la surface du corps est dépolie, c'est-à-dire couverte d'aspérités très fines et très rapprochées (elles peuvent être invisibles à l'œil nu), la lumière en la rencontrant subit une décomposition, au moins partielle : en effet, une portion est absorbée par le corps, une autre traverse la substance, s'il est transparent, une autre est renvoyée de tous côtés, irrégulièrement réfléchie à la surface, ou comme on dit, est *diffusée;* c'est elle qui donne au corps la couleur sous laquelle nous le voyons.

Ainsi, la couleur d'un corps non parfaitement poli, éclairé par de la lumière blanche, est due à la portion de lumière décomposée qu'il n'absorbe pas. Un corps paraît donc rouge, par exemple, s'il absorbe tous les rayons excepté le rouge, ou du moins si, parmi les rayons qu'il renvoie, le rouge domine ; car il peut aussi réfléchir en même temps de la lumière blanche et des rayons qui, par leur réunion, donnent du blanc.

Si l'on projette le spectre solaire sur un cachemire rouge uni, il disparaît partout ailleurs que dans sa partie rouge, toutes les autres couleurs sont éteintes par l'objet qui ne peut renvoyer que les rayons rouges. Un corps est *noir* quand il absorbe toute la lumière blanche incidente. Un corps est *blanc*, lorsqu'il réfléchit en même proportion tous les rayons simples qui la composent. Entre ces deux extrêmes, se trouvent une infinité de corps qui réfléchissent les rayons colorés en proportions très différentes. Telle est donc la cause physique des couleurs objectives ; la teinte dépend de la nature des corps, c'est-à-dire de leur arrangement moléculaire, du degré de poli de leur surface, de l'incidence de la lumière, quelquefois de leur température, etc. Les corps colorés cristallisés réduits en poudre sont presque blancs.

Toutefois, si la couleur d'un corps dépend de son état physique, elle n'est pas inhérente à sa substance même, car il suffit de changer la lumière éclairante, pour modifier plus ou moins la couleur apparente de ce corps. Nous allons en voir des exemples. A vrai dire, un corps n'a pas de couleur propre ; il n'a qu'une couleur d'emprunt qui varie avec le mode d'éclairage.

Les couleurs dans leurs rapports avec les lumières artificielles. Les lumières artificielles ne donnent pas le même spectre que la lumière solaire ; les couleurs n'y ont pas la même étendue ; il èn est qui s'y trouvent très développées, d'autres y font complètement défaut. Ainsi les lumières du gaz d'éclairage, des lampes, des bougies, renferment beaucoup plus de rayons jaunes. On peut même produire des flammes à peu près *monochromiques*, c'est-à-dire ne donnant avec le prisme qu'une seule couleur. Telle est la flamme du sodium dont le spectre n'est formé que d'une bande jaune ; celle du strontium est rouge ; celle du thalium verte ; celle de l'indium, bleue. Or, nous avons vu que la couleur d'un corps est due à la qualité spécifique des rayons colorés qu'il est apte à réflé-

chir; on conçoit donc que si un corps est rouge à la lumière solaire, c'est-à-dire capable de renvoyer seulement du rouge, et qu'on vienne à l'éclairer avec une flamme uniquement jaune dont il ne peut réfléchir les rayons, il devra paraître noir; c'est, en effet, ce qui arrive non seulement avec la flamme de sodium pur, mais encore avec toute flamme colorée avec un sel de ce métal. C'est le cas de la lampe *monochromatique à alcool salé* (contenant un quart d'eau saturée de sel marin). Quand cette flamme jaune éclaire un corps *bleu*, celui-ci paraît vert (le vert étant la réunion du jaune et du bleu). Si elle frappe une couleur complémentaire du jaune (le violet), elle produira du blanc, si le corps est capable de réfléchir cette couleur; du noir, dans le cas contraire. La lumière jaune change donc la couleur apparente des corps, en fonçant les unes et en éteignant les autres. Entre les deux extrêmes, la lumière du jour qui montre les couleurs avec leurs teintes naturelles et la lumière monochromatique du sodium qui les modifie complètement, au point de changer les unes et d'en éteindre quelques autres, il y a des intermédiaires nombreux dans les lumières artificielles. On comprend, d'après cela, pourquoi les couleurs ne paraissent pas à la lumière de la bougie, de la lampe, du gaz, telles qu'elles sont au grand jour, et comment on juge mal les nuances d'une fleur, d'une étoffe, d'un tableau quand on les examine la nuit, à ces lumières artificielles.

On sait qu'à la lumière des bougies le jaune clair paraît blanc, certains verts semblent bleus, parce que les rayons jaunes, plus nombreux dans la lumière des bougies que dans celle du jour, se combinent avec les bleus, ce qui doit produire du vert. La teinte bleue en général paraît plus foncée et plus noirâtre qu'au grand jour; le jaune, au contraire, s'éclaircit.

Le tableau suivant contient le résultat de diverses expériences, conformes d'ailleurs aux prévisions de la théorie.

Couleurs vues au jour	Agents colorants	Couleurs vues à la flamme d'alcool salé	Couleurs vues à la flamme d'alcool iodé
Rouge.	Ocre.	Noir. . . .	Brun.
Orangé	Deutoiodure de mercure	Blanc . . .	Jaune foncé.
Jaune.	Chromate de plomb. .	Blanc . . .	Paille clair
Vert. .	Acétate de cuivre. . .	Noir. . . .	Bleu clair.
Bleu. .	Bleu d'aniline.	Bleu très foncé. . .	Bleu foncé.

L'expérience démontre que la *lumière au magnésium* et la *lumière électrique* ne changent pas les couleurs, bien que leurs spectres diffèrent un peu du spectre solaire; mais ils en contiennent toutes les radiations.

Couleurs des flammes. Nous plaçons ici le tableau des couleurs que certains corps donnent aux *flammes* d'alcool ou de gaz d'éclairage, brûlant dans un bec de Bunsen.

Substance.	Couleurs de la flamme.
Sels de soude.	Jaune.
— de potasse.	Violet pâle.
— de chaux.	Rouge brique.
— de baryte	Verte.
— de strontiane.	Rouge pourpre.
— de cobalt.	Bleue.
Acide borique.	Verte.

Si la flamme d'alcool se prête bien à paraître colorée par les composés précédents et de beaucoup d'autres, c'est parce qu'elle a par elle-même peu d'éclat. Le soufre jeté dans un creuset incandescent brûle avec une flamme jaune pâle.

Couleurs par réflexions multiples. Couleur des métaux polis. Quand la lumière blanche rencontre, sous une incidence rasante, un corps opaque doué d'un grand pouvoir réflecteur, comme un métal poli, bruni, cette lumière reste blanche, quelle que soit la nature du métal. A mesure que l'incidence diminue, la couleur propre du corps apparaît de plus en plus accusée. Si l'on dispose parallèlement et assez près l'une de l'autre, deux plaques d'un même métal poli et qu'on reçoive sur l'une un rayon de lumière blanche, de manière à lui faire subir, dans son parcours, un assez grand nombre de réflexions (10 à 12), alternativement sur chacune des plaques, ce rayon à sa sortie, sera ainsi débarrassé de toute lumière diffuse ambiante, pour un œil placé à une petite ouverture faite dans l'une des plaques. On a trouvé que, dans ces conditions, la saturation de la couleur ordinaire du métal est notablement élevée par ces réflexions multiples. On peut admettre que la nuance observée alors est la couleur réelle du métal. L'effet de ces réflexions multiples est facile à constater en regardant (de près) dans l'intérieur d'un gobelet poli en vermeil.

Voici quelques résultats obtenus dans des expériences sur divers métaux.

Couleurs propres des métaux, après dix réflexions.

	Couleurs après réflexion simple	Couleurs après dix réflexions
Or. . . .	Jaune.	Rouge vif.
Argent. .	Blanc.	Jaune orangé.
Cuivre. .	Rose.	Ecarlarte pourpre.
Zinc. . .	Blanc-grisâtre.	Bleu indigo.
Acier . .	Gris.	Violet.

Les métaux mats ont une couleur plus uniforme à leur surface que les métaux polis. Un métal paraît mat quand la surface réfléchissante n'est pas continue, mais couverte d'aspérités très fines.

Le Dr Brame a tiré de ses observations *sur les couleurs propres des objets*, diverses conclusions dont voici les principales : (*Association française pour l'avancement des sciences, Congrès de Paris*, 1878) : 1° les couleurs propres des objets sont produites par une couche transparente ou translucide, plus ou moins ombrée ou bien superposée à un fond opaque, plus ou moins brun ou noir; 2° le blanc est produit par des particules translu-

cides, trop divisées pour laisser apercevoir les ombres et, par conséquent, les reflets intérieurs; 3° le noir est produit par l'accumulation de l'ombre ou du bleu, dans une matière à fond opaque; 4° le bleu du ciel, des glaciers, des mers et des lacs bleus, etc., est produit par l'ombre qui s'engendre, dans ces diverses circonstances, et qui est recouverte par une couche transparente, plus ou moins épaisse; 5° c'est par des réfractions et des réflexions successives et particulières qui superposent en partie les images de la source lumineuse, que s'engendrent les sept rayons du spectre solaire et des autres spectres lumineux, ainsi que les couleurs de l'arc-en-ciel.

Couleurs par absorption. La lumière blanche, en traversant un corps transparent, éprouve ordinairement des modifications sensibles. Une partie des rayons élémentaires qui la composent sont arrêtés dans ce trajet : il en résulte, pour la lumière émergente, une *coloration.* Les couleurs ainsi engendrées sont dites *couleurs par absorption.* Elles sont constituées par le résidu des rayons non absorbés par le milieu traversé (abstraction faite des rayons qui peuvent être réfléchis, soit régulièrement, soit diffusément à l'entrée et à la sortie). Les couleurs par absorption varient nécessairement avec la nature des corps. La teinte dépend de la proportion des rayons transmis. Avec l'air, l'eau, le verre, la quantité de lumière absorbée n'est sensible que quand ces milieux sont en couches très épaisses. On sait que, dans ce cas, l'air est bleu; l'eau verte, jaune, rouge, selon la profondeur. Une lame de verre qui paraît incolore, vue de face, est de couleur verte si on la regarde par sa tranche.

Les verres et les liquides colorés sont les corps qui se prêtent le mieux à la manifestation des couleurs par absorption. En partant d'une épaisseur faible qu'on augmente progressivement, on modifie non seulement le ton de la couleur mais encore sa teinte. Ainsi certains liquides paraissent *verts* en couche mince et *rouges* sous une épaisseur plus grande (phénomène qu'on nomme *dichroïsme*, *polychroïsme*). Le lait est rougeâtre par transmission, quand il est regardé sous une épaisseur suffisante. L'art et l'industrie pourraient peut-être tirer parti de cette propriété. Les verres colorés donnent lieu à des apparences semblables, quoique moins prononcées. Par exemple, le verre rouge, à l'oxydule de cuivre, sous faible épaisseur, arrête seulement les rayons violet, indigo et bleu; sous une épaisseur plus grande, il élimine en outre le jaune et l'orangé. Ainsi, à mesure que l'épaisseur augmente, on voit diminuer et disparaître les rayons les plus éloignés du rouge; cette dernière couleur finit par rester seule. Si l'on superpose au précédent un verre de couleur verte qui, de son côté, arrête les rayons rouges, le système formera un écran opaque.

Les verres très foncés et presque noirs sont de deux sortes : les uns ne laissent passer que des rayons *rouges* ou du moins font paraître rouge le disque du soleil quand on regarde directement cet astre au travers de ces écrans; les autres ne laissent passer que les rayons *verts*.

Des précipités d'or, de ténuité diverse, flottant dans un liquide, présentent, par transmission des couleurs très variées, depuis le rouge jusqu'au vert, au bleu et même au violet.

M. Becquerel, dans son ouvrage : *La lumière, ses causes et ses effets*, t. II, p. 11, cite un exemple curieux de translucidité du bois : « des planches de sapin de 1 à 2 millimètres d'épaisseur, vues par transmission au moyen d'une forte lampe ou d'un faisceau de rayons solaires, paraissent d'une nuance orangée. Si la planche renferme des nœuds, dont la direction des parties ligneuses est, comme on le sait, perpendiculaire au plan de la planche, et si les nœuds sont imprégnés de sève résineuse, ils paraissent beaucoup plus translucides que le reste de la planche et prennent, par transmission, une teinte orangée plus vive et plus intense. Dans ces conditions, une planche de sapin épaisse de 1 à 2 centimètres est sensiblement opaque, et n'est translucide qu'aux endroits où se trouvent les nœuds ; là elle donne par transmission une belle couleur orangée. Si les nœuds ont perdu leur sève ou leur résine, ils ne diffèrent pas sensiblement du reste de la planche. »

Il y a aussi des gaz colorés par transmission : le bioxyde d'azote mêlé à l'oxygène est d'un rouge foncé, la vapeur d'iode est violette. Les brouillards, les nuages, les fumées, les vapeurs des locomotives, celles des feux d'artifices, donnent aussi, par transmission, c'est-à-dire par absorption, des teintes variées selon l'épaisseur de ces matières gazeuses. L'effet des couleurs pigmentaires fixées sur fibres textiles, ou appliquées en poudre sur une surface, au moyen d'huile, de vernis, de colle, etc., repose sur le phénomène d'absorption. Il n'y a pas de corps absolument *incolore*, c'est-à-dire qui laisse passer dans les mêmes proportions toutes les espèces de rayons colorés. De même, il n'y a pas de corps absolument *opaque* : ainsi les métaux, réduits en feuilles minces, laissent passer à travers leur substance divers rayons lumineux :

L'or vu par transmission est		. . . .	Vert.
Le cuivre	—	. . . .	Vert.
L'argent	—	. . . .	Bleu.
L'étain	—	. . . .	Brun.
Le zinc	—	. . . .	Brun bleuâtre.
L'aluminium	—	. . . .	Brun orangé.

Dans tous ces phénomènes d'absorption, de réflexion, les corps semblent exercer sur les ondes lumineuses un pouvoir d'*élection,* arrêtant certaines ondes et laissant passer les autres.

Couleurs par fluorescence. Le spectre solaire n'est pas limité aux couleurs qui nous le montrent. Il y a en deçà du rouge et au delà du violet d'autres radiations, ordinairement invisibles, mais qu'on peut mettre en évidence par des moyens particuliers. Si l'on reçoit le spectre solaire sur un écran de papier blanc et qu'on mouille celui-ci au delà de la région violette, avec une des dissolutions, aqueuses ou alcooliques : de bisulfate de quinine, d'esculine, de gaïac, de chlorophylle, ou avec une teinture de curcuma, d'orseille, etc., on verra le spectre se continuer au delà du violet, à une distance presque égale à

la longueur du spectre coloré ordinaire. Cette lumière pâle, cette *fluorescence* ne commence qu'aux rayons violets; elle augmente jusqu'à une certaine limite dans la zone ultra-violette, diminue ensuite et finit par disparaître. Elle a aussi ses raies nombreuses, comme le spectre lumineux. La teinte générale de la région fluorescente est d'un *gris lavande.*

Couleurs par phosphorescence. Certains corps, exposés quelques instants à la lumière solaire ou électrique, portés ensuite dans l'obscurité, jouissent de la propriété d'émettre une faible lumière par eux-mêmes, et de montrer certaines couleurs assez belles et particulières aux diverses substances. Parmi les corps doués de cette propriété, on cite la chaux fluatée, le carbonate et le sulfate de chaux, les coquilles, les perles, les sulfures de baryum, de strontium, de calcium (phosphore de Canton, phosphore de Bologne, etc.). La phosphorescence est quelquefois spontanée pour les corps organiques. L'élévation de température, les décharges électriques, certaines actions mécaniques, comme le clivage, peuvent produire la phosphorescence de certaines substances minérales.

AUTRES MODES DIVERS DE GÉNÉRATION DES COULEURS.

Des couleurs, en franges irisées, peuvent être produites par *diffraction*, quand la lumière rase les bords rectilignes d'une fente étroite, ou d'une petite ouverture annulaire, triangulaire, etc., à bords minces. Lorsque la lumière traverse un grand nombre d'ouvertures très rapprochées et régulièrement distribuées, il se produit des *réseaux* ayant les couleurs vives du spectre solaire. Il y a aussi des réseaux par réflexion.

Les *couleurs des lames minces* se montrent lorsque la lumière se réfléchit sur une lame mince, comme celles du mica, du verre soufflé au point d'éclater, sur la couche d'oxyde que présente l'acier recuit ; celles qu'on dépose sur les métaux par voie galvanique et qu'on nomme *anneaux de Nobili* ; les bulles d'eau de savon ; les couches de vernis, d'huile, d'éther, répandues sur l'eau, en offrent des exemples. On les réalise aussi en comprimant deux plaques de verre l'une contre l'autre, ou mieux, comme l'a fait Newton, une lentille convexe (à grand rayon de courbure) contre un plan de verre. La lame d'air comprimé entre ces deux corps montre des *anneaux* circulaires dont les riches teintes irisées se succèdent dans un certain ordre. On peut les observer par réflexion et par transmission.

On a aussi les *couleurs des lames épaisses*. Toutes ces colorations sont dues au phénomène des interférences qui se produit toutes les fois que deux rayons voisins de lumière blanche se propagent avec des phases vibratoires qui diffèrent entre elles de 1/2, 2 1/2, 3 1/2, etc. longueurs d'onde. La *polarisation* par réflexion simple ou multiple ; la polarisation *rotatoire* nous donnent des moyens de produire des couleurs. L'industrie fait application de ce dernier procédé dans l'emploi du saccharimètre. On produit encore des couleurs remarquables par la *double réfraction* des cristaux à un ou deux axes, d'un fréquent usage dans les polariscopes.

Influence de la chaleur sur la couleur des corps. La chaleur, en dérangeant les molécules par la dilatation, augmente la faculté absorbante des corps. Ceux qui sont transparents prennent une teinte plus foncée ; quelquefois même ils changent de couleurs. On a vu des diamants incolores à froid, roses à chaud et revenant incolores par refroidissement. Certains minéraux passent du rouge au vert quand on les échauffe et redeviennent rouges par refroidissement ; le bioxyde de mercure, le vermillon, les miniums, corps opaques prennent des nuances foncées par la chaleur, pour revenir à leurs couleurs primitives à la température ordinaire.

Il résulte des expériences de Faraday qu'une feuille d'or extrêmement mince, verte par transmission, étant collée sur une lame de verre et chauffée, est devenue incolore par transmission et d'un brun pâle par réflexion simple. Les feuilles d'argent du commerce ne laissent pas passer la lumière ; mais chauffées au rouge sombre elles deviennent transparentes et perdent en même temps leur pouvoir réflecteur.

Les poudres résultant de la volatilisation d'un fil d'or, ont montré la teinte rouge rubis sous l'influence de la chaleur.

Enfin, parmi les moyens d'engendrer des couleurs on peut ranger les *actions chimiques* à l'aide desquelles on produit les diverses lumières, blanches ou colorées.

Qualités physiques des couleurs. Nous avons déjà distingué des couleurs *simples*, des couleurs *composées*, des couleurs *complémentaires:* il reste à mentionner encore d'autres qualités des couleurs. M. Chevreul partage les couleurs simples en *couleurs lumineuses*, qui sont le rouge, l'orangé, le jaune et le vert, et en *couleurs sombres*, le bleu, l'indigo et le violet.

Une couleur est *claire* quand elle contient beaucoup de blanc et *foncée* quand elle en contient peu ou qu'elle est mêlée de noir ; on dit, en ce cas, qu'elle est *rabattue*. Une couleur est *saturée*, lorsque la teinte qu'elle présente ne peut être dépassée ; elle est *intense* quand elle produit en nous une impression lumineuse énergique, et qu'elle est saturée.

Les expressions métaphoriques de *couleurs chaudes*, de *couleurs froides* qu'on emploie en peinture et qui s'appliquent les premières au rouge, à l'orangé et au jaune, les secondes au vert, au bleu et au violet, sont cependant justifiées. En effet, si l'on porte successivement, dans les différentes régions du spectre solaire une pile thermo-électrique linéaire très sensible, on trouve que la température va en croissant depuis les rayons violets jusqu'au rouge, le maximum étant situé au delà de cette couleur, en dehors du spectre visible. Ce spectre thermique a aussi ses bandes froides, comme le premier a ses raies obscures.

CLASSIFICATION DES COULEURS.

Le nombre des couleurs, tant simples que com-

posées, est indéfini et s'accroît encore par l'addition du blanc ou du noir à chacune d'elles. Toutefois, l'œil ne peut apprécier qu'un nombre limité de ces couleurs. Pour les désigner, on a eu recours pendant longtemps à leur comparaison avec les corps naturels, le pelage des animaux, les plumes des oiseaux, les écailles de poissons, les ailes de papillons et autres insectes, les feuilles et les fleurs des plantes, les minéraux cristallisés ou amorphes, etc.

Longtemps la confusion régna dans la manière de désigner les couleurs. Chaque industrie, dans laquelle on fait usage de couleurs, avait sa nomenclature spéciale, arbitraire et quelquefois très capricieuse. Aujourd'hui même, malgré les progrès de la science, le peintre, l'émailleur, le mosaïste, le fabricant de couleurs, ont encore des nomenclatures différentes. Souvent une couleur est désignée par le nom du pays qui la fournit, ou par un nom d'homme.

M. Chevreul, en créant sa classification méthodique, a mis de l'ordre dans ce chaos et rendu un véritable service à la science et à l'industrie.

Selon lui, une matière ayant l'une quelconque des couleurs du spectre, ne peut être modifiée que de quatre manières différentes : 1° par du *blanc* qui, en l'éclaircissant, en affaiblit l'intensité ; 2° par du *noir* qui, en l'assombrissant, en diminue l'intensité spécifique ; 3° par une *certaine couleur* qui en change la propriété spécifique, sans la ternir ; 4° par une *certaine couleur* qui en change la propriété spécifique, en la ternissant, de sorte que, si l'effet est porté au maximum, il en résulte du noir ou du gris normal représenté par du noir mêlé de blanc dans une certaine proportion.

Pour exprimer clairement ces modifications, M. Chevreul emploie différentes expressions qui, bien définies une fois pour toutes, ne laissent plus de place à l'indécision. Il nomme *tons* d'une couleur les diverses modifications qu'elle présente, suivant qu'elle est pure ou simplement mélangée de blanc ou de noir ; *nuances* d'une couleur pure, les produits de son mélange en diverses proportions, avec une autre couleur pure qui la change sans la ternir ; *gamme*, l'ensemble des tons d'une même couleur. Le ton est d'autant plus affaibli ou *abaissé* qu'il s'y mêle plus de blanc, et d'autant plus foncé ou *élevé* qu'il s'y mêle plus de noir.

Les couleurs mêlées de noir sont dites *rabattues*. Une gamme dont les tons clairs comme les tons foncés sont ternis par du noir, est dite *gamme rabattue*.

Les couleurs sont dites *franches*, quand elles ne sont ni dégradées par du blanc, ni montées par du noir.

Cercle chromatique de M. Chevreul. Pour classer méthodiquement les couleurs, M. Chevreul a construit ce qu'il nomme le *cercle chromatique*, où se trouvent disposés dans un ordre rationnel, les types de toutes les couleurs qu'il est possible d'employer dans les arts, dans l'industrie et dans les sciences. Voici le procédé suivi pour réaliser la construction de ce tableau des couleurs :

On divise un cercle en 72 secteurs égaux ; trois d'entre eux, équidistants sont peints, l'un en rouge, l'autre en jaune, le troisième en bleu, avec des couleurs aussi pures que possible et de même intensité. Sur le secteur situé à égale distance du rouge et du jaune, on pose la couleur intermédiaire, l'orangé ; de même le vert à égale distance du jaune et du bleu ; puis le violet entre le bleu et le rouge. En opérant de la même manière, par intercalations successives, on arrive à remplir les 72 secteurs de couleurs franches.

On a ainsi, en partant du rouge :

Rouge, 1er rouge, 2e rouge, 3e rouge, 4e rouge, 5e rouge. *Rouge-orangé*, 1er rouge-orangé, 2e rouge-orangé, 3e rouge-orangé, 4e rouge-orangé, 5e rouge-orangé. *Orangé*, 1er orangé, etc. *Violet-rouge*, 1er violet-rouge, etc.

Prenant ensuite à part chacune de ces 72 couleurs franches et l'additionnant successivement de 1/10, 2/10, 3/10.... 10/10 de noir, puis de 1/10, 2/10.... 10/10 de blanc, on obtient 10 tons *rabattus* et 10 tons *éclaircis*. Chaque gamme rectangulaire comprend donc, du blanc pur au noir qui en occupent les extrémités, 20 tons différents dont la couleur franche est le 10e à partir du blanc. En opérant ainsi sur chacune de 72 couleurs du cercle, on obtient 72×20 ou 1,440 tons différents déduits du cercle chromatique des couleurs franches.

Maintenant, si à chacune des 72 nuances du cercle des couleurs franches on ajoute successivement 1/10, 2/10.... 9/10 de noir, on formera *neuf cercles* nouveaux de couleurs rabattues ; chacun des 72 tons qu'ils contiennent devenant à son tour le type d'une gamme de 20 tons nouveaux procédant du blanc au noir, on aura, pour ces nouvelles combinaisons $72 \times 9 \times 10 = 12,960$ tons, qui avec les 1,440 précédents formeront, pour la série totale, 14.400 tons, auxquels il faut encore ajouter les 20 tons du *gris normal*, formés avec du noir (aussi exempt que possible de matière étrangère) mêlé en quantités décroissantes à des quantités croissantes de blanc.

Au lieu des neuf cercles séparés dont il vient d'être question, on pouvait n'en former qu'un seul, en décrivant neuf circonférences concentriques équidistantes dans le cercle primitif et en plaçant successivement, dans les neufs segments trapézoïdes ainsi déterminés, la couleur franche à la première case et les couleurs rabattues dans les suivantes.

Une échelle des couleurs ainsi étendue doit suffire amplement aux besoins de l'industrie et des arts. La détermination des couleurs franches et des couleurs rabattues a été faite avec le plus grand soin par M. Chevreul, d'abord avec des écheveaux de laine teinte, puis, dans certains cas, avec des émaux vitrifiés (inaltérables) et reproduites également sur papier. Il serait à désirer que toutes les nuances normales fussent fixées sur des émaux. On pourrait toujours les retrouver au besoin, en suivant les indications de M. Chevreul. Il faut dire toutefois que l'opération offre de grandes difficultés.

Pour indiquer, par une formule simple, la couleur et le ton d'une nuance quelconque, on cherche d'abord dans le cercle des couleurs franches,

à quelle gamme la couleur peut appartenir, puis le ton de l'échantillon ; si l'on trouve, par exemple, que c'est à la 2e gamme du rouge orangé et au 7e ton, la formule sera 2RO7 ; de même, 3VB6 exprime la 3e gamme du vert bleu, 6e ton. Si la couleur n'a ni la pureté ni l'éclat de couleur franche, on cherchera sa nuance correspondante dans les cercles chromatiques des couleurs rabattues. Si l'on trouve, par exemple, que, pour la première nuance ci-dessus, il y a 4/10 de noir, on écrira : 2RO7 4/10.

Ainsi, la désignation d'une couleur et sa position exacte dans le cercle chromatique sont données :

1° Par la place qu'elle occupe dans le cercle des couleurs franches ;

2° Par son numéro dans la gamme des tons ;

3° S'il s'agit d'une couleur rabattue, par la fraction de noir qu'elle contient.

De plus, pour bien délimiter les principales couleurs du cercle chromatique, M. Chevreul les a comparées à celles du spectre solaire produit au moyen d'un prisme en sulfure de carbone bien pur. Voici quelques-unes des déterminations qu'il a faites :

Parties du spectre désignées par les raies	Couleurs du cercle chromatique
Entre A et B.	5 violet rouge,
Entre B et C.	Rouge.
A 1/2 distance de C D	5 rouge.
En D.	Entre 2 et 5 orangé.
A 1/2 de DE à partir de D.	Jaune.
En E.	4 jaune-vert.
Entre E et B.	Vert.
Entre E et G, tangent à F.	Bleu.
En G.	1 bleu-violet.
Au milieu de G H.	3 bleu-violet.
H.	Violet.

D'autre part, pour simplifier son système de classification des couleurs, M. Chevreul a proposé les réductions suivantes :

Réduction du nombre des gammes de 72 à 36 et à 24.

Réduction des gammes à 36.	Réduction des gammes à 24.
Rouge.	Rouge.
2 rouge.	3 rouge.
4 rouge.	Rouge-orangé.
Rouge-orangé.	3 rouge-orangé.
2 rouge-orangé.	Etc.
4 rouge-orangé, etc.	

Il a même fait porter la réduction sur le nombre des tons. Pour les gammes de 10 tons, on conserve les tons à numéros pairs ou impairs. Pour la gamme de 5 tons, on conserve les tons 4, 8, 12, 16, 20. Pour les gammes de 4 tons, on conserve les tons 5, 10, 15, 20.

Mais si les intervalles entre les tons conservés des différentes gammes sont équidistants, les tons extrêmes ne le sont pas, relativement au blanc et au noir.

Enfin, la réduction peut porter encore sur le nombre des cercles chromatiques. — V. aussi CERCLE CHROMATIQUE.

Pour éviter de longs détails descriptifs, nous avons passé sous silence la construction *chromato-hémisphérique* de M. Chevreul, remplaçant les cercles chromatiques. Ce que nous avons dit de ceux-ci suffit d'ailleurs pour la classification complète des couleurs. Ajoutons que M. Chevreul a apporté les plus grands soins dans la formation de ses *normes* en laines teintes et s'est entouré des précautions les plus délicates pour bien apprécier les nuances et les faire apprécier par quatre autres personnes habituées dès l'enfance à l'observation des couleurs sur laine employées aux Gobelins. Il a distribué en six catégories les dénominations qu'il a faites d'après les *normes* de ses cercles chromatiques. Il rapporte les teintes aux noms vulgaires des couleurs employées dans les ateliers de teinture, de peinture, aux couleurs d'espèces chimiques ou minéralogiques, aux couleurs de beaucoup de fleurs, de feuilles, de fruits, et à celles de certains animaux pris dans les trois règnes de la nature. En voici quelques exemples :

Rouge. . . . . Cerise du commerce 10 ton.
2 rouge. . . . . Nacarat 10 ton.
Rouge-orangé. . . Fleur de grenade 10 ton.
3 rouge-orangé. . Capucine 10 et 11 ton.
4 orangé-jaune. . Bouton d'or 9 ton, citron 7 à 9 ton.
Jaune. . . . . Jonquille 10 ton, serin 7 et 10 ton.
3 jaune. . . . . Fleur de soufre 3 ton.
2 vert. . . . . Emeraude 11 ton.
Bleu. . . . . Arséniate de cuivre 9 ton.
5 violet-rouge. . . Magnésie carbonatée (diallogite), cristallisée 3 ton, etc.

Inversement, il a désigné d'après sa méthode chromatique, un très grand nombre de couleurs naturelles ou artificielles, comme les suivantes :

Abricot. . . . . = Orangé 6 ton (type).
Améthyste. . . . = 5 bleu-violet du 3 au 16 ton (type).
Ardoise. . . . . = 1 bleu 9/10 10 ton.
Aurore. . . . . = Orangé-jaune 8 ton.
Aventurine. . . . = 1 orangé 14 ton.
Bronze. . . . . = 3 jaune 20 ton.
Carmélite . . . . = 3 orangé 15 ton.
Cerise. . . . . = Rouge 9 et 10 ton.
Citron. . . . . = 4 orangé 6 ton.
Fleur de pêcher. . = 1 violet-rouge 8 ton (type).
Grenat . . . . . = 3 violet-rouge 16 ton.
Gris de fer . . . . = 3 bleu 9/10 10 ton.
Gris lavande. . . = 2 bleu-violet 3/10 6 ton.
Isabelle. . . . . = 1 orangé-jaune.
Mauve. . . . . = 3 violet 8 ton.
Nacarat. . . . . = 2 rouge 14 ton.
Puce. . . . . = 4 bleu-violet 13 ton.
Rubis. . . . . = Rouge 11 ton.
Saphir. . . . . = 8 bleu 11 ton.
Vert-gai. . . . . = 5 jaune-vert.

La classification de M. Chevreul est basée sur des principes physiques et sur des faits physiologiques bien constatés. Elle constitue une méthode analytique sûre pour dénommer les couleurs et les retrouver au besoin. Elle est donc d'une grande utilité dans les arts et dans les industries où l'on s'occupe des couleurs à un point de vue quelconque.

Il n'y a qu'un regret à exprimer à ce sujet, c'est qu'on n'ait pu jusqu'ici fixer sur émaux *tous* les types de couleurs franches, afin de leur assurer une conservation indéfinie.

M. Rosenstiehl a donné le moyen de définir et de

classer *numériquement* les couleurs. Selon lui, une couleur ne peut être définie que par le rapport entre la quantité de lumière incidente et celle de la lumière réfléchie. Il emploie, pour déterminer ce rapport, des disques rotatifs partagés en secteurs variables, blanc, noir, colorés, dont les rapports d'angles se traduisent en nombres. — V. *Association française pour l'avancement des sciences*, Congrès de Paris 1878, p. 303. — C. D.

COULEUR AU POINT DE VUE PHYSIOLOGIQUE

Ici, le mot *couleur* exprime la *sensation* particulière produite en nous par l'excitation des fibrilles de la rétine, épanouissement du nerf optique ; stimulation produite ordinairement par la lumière. (On verra plus loin qu'il y a d'autres moyens intérieurs ou extérieurs de provoquer la sensation des lumières et des couleurs.)

Quelques mots sur l'organe de la vision. Sans entrer ici dans aucun détail sur le sens de la vue, nous dirons seulement que l'œil est comparable à une chambre obscure où la lumière pénètre par une petite ouverture circulaire, la pupille, et traverse ensuite plusieurs milieux et membranes transparents, l'humeur aqueuse en avant de l'œil, le cristallin (espèce de lentille contractile), l'humeur vitrée, limpide comme l'eau, occupant la majeure partie du globe de l'œil jusqu'à la rétine qui en tapisse le fond. C'est en arrivant sur cette délicate membrane, si vivement impressionnable, que les rayons lumineux nous donnent la sensation des objets extérieurs et des couleurs. Dans les vues normales, les rayons lumineux viennent, après réfraction dans les différents milieux traversés, converger sur la rétine où ils font impression. La sensation résultante dure environ 1/10 de seconde avant de s'effacer entièrement ; de là, les différentes illusions d'optique, les effets de contraste, les appareils fondés sur cette persistance ; de là, la combinaison des couleurs sur la rétine par des mouvements de rotation rapide.

Divers modes de production de la sensation lumineuse. La lumière extérieure ou objective n'a pas seule le pouvoir de produire en nous la sensation chromatique : un courant ou une décharge électrique (exp. de Pfaff) dans la région des yeux peut provoquer la sensation d'une ou plusieurs couleurs. Un choc sur l'œil fait apparaître de très vives lumières ; une simple pression sur le globe oculaire montre le phénomène des *phosphènes* qui consiste en portions de cercle ou croissants lumineux, lesquels paraissent hors de l'œil et dont l'orientation et la forme varient suivant que la compression se fait à droite, à gauche, au-dessus ou au-dessous du globe oculaire. Les excitants narcotiques, entre autres la santonine ont aussi la propriété de produire des sensations chromatiques. Une personne, en prenant 55 centigrammes de santonate de soude, peut éprouver une altération de la vue, qui commence au bout de 10 à 15 minutes et dure pendant quelques heures ; elle voit d'abord en jaune verdâtre les objets éclairés, et en violet les surfaces obscures, sans doute par un effet de contraste, car elle cesse de voir l'extrémité violette du spectre. Les couleurs entoptiques peuvent aussi résulter d'une congestion sanguine dans la région des yeux.

Dans un éternuement un peu fort, la secousse qui en résulte provoque un afflux sanguin dans la tête et détermine la sensation d'étincelles plus ou moins brillantes.

Il ne sera question, dans ce qui va suivre, que des sensations colorées produites par la seule intervention de la lumière et des couleurs objectives.

On a vu précédemment (*couleur-physiq.*) que les couleurs peuvent être engendrées par réfraction, réflexion, absorption, etc., et que la cause physique de la couleur des corps est due à la lumière blanche réfléchie, diffusément à leur surface ou à celle qui les a traversés, s'ils sont transparents. Une partie de la lumière incidente étant absorbée par eux, il en résulte, pour la partie renvoyée ou émergente une *coloration* variable avec la nature et l'état de la surface des corps. Les ondes lumineuses, après avoir été réfléchies sur les corps, ou avoir traversé leur substance, arrivent à l'œil, sur la rétine, et y font *l'impression* physique d'où nait pour nous la *sensation* des couleurs, par suite de l'inégale vitesse de ces ondes. Nous allons voir comment se réalise, dans notre organe même, le mélange des couleurs.

MÉLANGE DES COULEURS. On sait que la lumière blanche est composée de sept couleurs *simples : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet*, et que toutes les autres couleurs sont *composées* et résultent du mélange des couleurs simples en diverses proportions. Pour étudier les différents résultats du mélange de couleurs, nous avons indiqué plusieurs procédés (V. COULEUR AU POINT DE VUE PHYSIQUE). Ici, il s'agit spécialement des moyens qu'on peut appeler *physiologiques*, où la combinaison des couleurs s'effectue dans l'intérieur même de notre organe visuel. C'est surtout pour la détermination des couleurs complémentaires qu'on a imaginé les procédés suivants :

1° Dans le procédé de Lambert, les deux couleurs composées sont placées sur une table ; une glace incolore est disposée verticalement entre elles ; l'œil convenablement placé voit l'une des teintes par transmission et l'autre par réflexion. Elles se combinent dans l'œil, qui apprécie alors facilement la teinte du mélange ou qui juge si les couleurs sont ou non exactement complémentaires.

2° Le procédé d'Helmholtz n'est qu'une modification du précédent : la glace fixe est remplacée par une lame de verre qu'on tient à la main. Cette lame est ou incolore ou colorée, selon les effets qu'on veut obtenir. Quand il s'agit de comparer deux lumières, on perce la table de deux ouvertures à la place qu'occupaient les couleurs dans l'expérience précédente.

3° Brücke a aussi modifié ce moyen en plaçant les couleurs sur des cartons disposés à angle droit ; la glace sans tain partage l'angle dièdre en deux parties égales.

4° En mettant un verre d'une couleur devant un œil et un verre de couleur différente devant l'autre œil, on a la sensation d'une teinte qui est

le résultat de leur mélange. Si l'un des verres est *rouge* et l'autre *vert*, on a la sensation du *blanc* ou plutôt du *gris neutre*, c'est-à-dire qu'on voit les objets sensiblement avec leurs teintes naturelles.

5° Dans le procédé de Dove, on regarde à travers un prisme les deux objets colorés dont on veut comparer les teintes; chacun d'eux fournissant une double image, il est facile de faire varier la position des objets de manière qu'une image de l'un vienne coïncider avec une image de l'autre. La superposition des deux nuances dans l'œil donne la couleur résultante. Si l'on veut trouver le complément d'une couleur, on fait varier la teinte de l'autre jusqu'à ce qu'on obtienne la sensation du gris normal.

7° Le mélange des couleurs sur la rétine peut s'obtenir facilement en imprimant à l'ensemble un mouvement de rotation. Le disque coloré de Newton, employé pour recomposer la lumière blanche, peut servir à cet effet, en recouvrant de papier noir certains secteurs. Si l'on fait alors tourner ce disque, on a la sensation de la résultante du mélange des couleurs qu'on a laissées à découvert; l'effet est produit en vertu de la persistance sur la rétine et de la sensation simultanée des couleurs en rotation.

8° La toupie de Maxwel n'est qu'une modification du cercle précédent.

9° M. Chevreul a trouvé dans le *contraste rotatif* (V. plus loin CONTRASTE SIMULTANÉ), un moyen sûr de constater que des couleurs matérielles sont ou non complémentaires.

10° Le schistoscope du docteur Brücke, employé dans le même but, est une sorte de microscope fondé sur les effets de polarisation et qui exige l'usage de prismes et de plaques transparentes de sulfate de chaux naturel.

Dans toutes ces expériences comparatives, il faut tenir compte du degré de saturation et de clarté des couleurs. Sans cette précaution, il peut résulter des erreurs notables dans les appréciaciations.

M. Chevreul résume ainsi la *loi du mélange des couleurs* (1). Elle comprend les trois faits suivants :

1. Le mélange de deux couleurs simples donne une couleur binaire franche; le *rouge* et le *jaune* donnent l'*orangé*; le *jaune* et le *bleu* donnent le *vert;* le *bleu* et le *rouge* donnent le *violet*. 2. Les trois couleurs simples, ou plutôt deux couleurs complémentaires l'une de l'autre, donnent le *noir* ou un *gris* normal, à savoir : le *rouge* et le *vert*; le *jaune* et le *violet*; le *bleu* et l'*orangé*. Il s'agit des couleurs matérielles, car les couleurs complémentaires du spectre reforment de la lumière blanche. 3. Si la proportion des trois couleurs ou de deux couleurs complémentaires mélangées ne donne pas du noir ou un gris normal (parce qu'il y a une couleur prédominante sur les autres), le résultat du mélange est un noir ou un gris coloré de la couleur dominante.

M. Rosenstiehl a montré récemment (*Journal de physique*, mars 1883, p. 120) la nécessité absolue de faire la différence entre le mélange des lumières et celui des sensations. Il tire des expériences qu'il cite la conclusion suivante : « De l'existence de lumières blanches diverses, il résulte que la notion du blanc n'a rien de défini physiquement. C'est une propriété de l'œil de voir *blancs* certains mélanges de couleurs. C'est donc à l'organisation de l'œil qu'est due l'existence de couleurs complémentaires; dès lors, on doit les définir ainsi : *ce sont les couleurs qui, mélangées deux à deux dans des proportions déterminées, produisent la sensation du blanc.* »

QUALITÉS DES COULEURS. On a déjà distingué précédemment, au point de vue physique, des couleurs *simples* et des couleurs *composées, complémentaires, lumineuses ou obscures, claires ou foncées, rehaussées ou rabattues, saturées, intenses, chaudes ou froides*. On peut y ajouter, au point de vue physiologique, les couleurs que l'on a nommées *gaies* (le jaune et le vert), et les couleurs *tristes* (les bleus), d'après Stendahl; les couleurs *saillantes* (rouge, orangé, jaune); les couleurs *rentrantes* (les bleus). Le vert est rentrant par rapport au bleu. Cela tient au phénomène de la réfrangibilité plus grande avec les rayons bleus par rapport aux rouges; les premiers semblent plus éloignés que les seconds. On a l'habitude de juger les saillies très éclairées et les parties creuses dans l'ombre. Les couleurs *transparentes* sont plus rentrantes que les couleurs *opaques*, parce que celles-ci réfléchissent plus de lumière. Les couleurs *chatoyantes* de la nacre, par exemple, sont dues à des effets de réfraction et d'interférence des ondes lumineuses sur les lames minces qui composent cette substance, et qui sont formées alternativement de matière organique et de carbonate de chaux. Ces reflets changeants se montrent dans divers phénomènes des lames minces. On verra plus loin les *couleurs accidentelles* ou *subjectives*, les couleurs *contrastantes, harmoniques* et *inharmoniques*.

Sur le mécanisme de la vision des couleurs. A ce sujet, plusieurs hypothèses ont été émises, plusieurs explications plus ou moins plausibles ont été données, sur lesquelles nous ne pouvons nous arrêter. Il serait, d'ailleurs, difficile de décider si, d'après Brewster, la surface entière de la rétine se compose de fibres nerveuses simples, mais toutes aptes à être actionnées par les divers rayons lumineux; ou si, d'après Young et Helmholtz, chaque point de la rétine est composé de trois sortes de fibres, dont chacune est plus spécialement aptè à percevoir l'une des trois couleurs *fondamentales* (rouge, jaune, bleu), ou bien si, d'après Héring, les fibrilles de chaque point forment trois groupes binaires correspondant aux couleurs complémentaires (rouge-vert, orangé-bleu, jaune-violet et blanc-noir), groupes propres à recevoir, par assimilation et désassimilation, les sensations de toutes les couleurs; ou enfin si, selon Boll, les sensations chromatiques sont produites par une sécrétion des fibres et par une sorte de photographie.

Diversité des vues humaines pour les couleurs. — Daltonisme. De même qu'il y a des hommes, ayant

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. LVII, p. 714 (1863(.

des organes parfaitement sains, qui n'entendent pas les sons très aigus, d'autres qui ne distinguent pas les sons graves les uns des autres, de même aussi, et l'expérience l'a prouvé, il existe des personnes absolument aveugles pour certaines couleurs et qui jouissent d'une vision parfaite relativement aux autres. Les *Annales de l'Académie des sciences* font mention de toute une famille qui ne distinguait pas le rouge du vert; les fruits et les feuilles du cerisier ou du grenadier n'étaient différents à leurs yeux que par la forme. Dalton, le célèbre chimiste anglais, était dans le même cas; de là le nom de *daltonisme* qu'on donne à ce défaut de la vue. En général, on nomme *achromatopsie* cette cécité pour certaines couleurs, et *anérythropsie* la difficulté de percevoir le rouge. L'inaptitude peut être partielle ou totale pour une ou deux, ou plusieurs couleurs.

Le daltonisme est plus fréquent qu'on ne pense, les individus qui en sont affectés n'ayant pas conscience de leur état. Ce n'est qu'après avoir embrassé une profession qui exige l'intégrité de la vue qu'ils s'aperçoivent de leur inaptitude. Sur 40 jeunes gens d'un gymnase de Berlin, Leebech en trouva 5 qui confondaient plus ou moins des couleurs et des nuances facilement distinguées par la majorité des hommes. Il remarqua aussi que ce défaut est moins fréquent chez les femmes que chez les hommes, et que les yeux gris étaient plus prédestinés que les autres à cette affection, souvent héréditaire, mais de cause inconnue. Il est probable que les yeux les plus normaux présentent entre eux des différences notables dans l'appréciation des couleurs; on expliquerait ainsi la préférence de certains peintres pour telle ou telle teinte, qui est quelquefois caractéristique de leurs œuvres.

Pour entrer dans certaines administrations, les aspirants subissent une inspection ayant pour but de constater qu'ils *voient bien les couleurs*.

Couleurs accidentelles, subjectives ou physiologiques. On donne ce nom aux apparences visuelles qui succèdent à la contemplation d'objets vivement éclairés. Ainsi, quand on regarde fixement, pendant quelques instants, un objet coloré, placé sur un fond noir et qu'on porte rapidement les yeux sur une surface blanche, on voit une tache de même silhouette que l'objet, mais de couleur complémentaire. Si l'objet est une feuille de papier rouge il donne naissance à une image verte; réciproquement une feuille de papier verte donne une image accidentelle rouge; des objets jaunes ou bleus donnent des images violettes ou orangées et *vice versâ*.

Deux feuilles de papier, l'une jaune, l'autre violette sont juxtaposées; on les regarde simultanément durant une minute et l'on porte les regards sur une surface blanche, on voit que les couleurs ont changé de côté; celle qui était à gauche se trouve à droite et *vice versâ*.

Après avoir regardé un spectre solaire réel, ou simplement représenté en chromolithographie, si l'on porte les yeux sur une surface blanche placée près du spectre, on verra un spectre inverse complémentaire, renversé ou plutôt coupé en deux, car au lieu des couleurs dans l'ordre ordinaire, rouge, orangé, jaune, vert, bleu, violet; on a les suivantes : vert, bleu, violet-rouge, orangé-jaune.

L'expérience suivante, due à Scherffer (1785) est assez curieuse : on peint un portrait à figure verdâtre, avec cheveux et sourcils blancs, prunelles blanches, dents noires, habit blanc; on le regarde pendant une minute environ et l'on porte les yeux sur un fond blanc; on voit alors un portrait avec les couleurs ordinaires.

Si, après avoir considéré, pendant quelques instants, un objet coloré, on porte les yeux, non plus sur un plafond ou un écran blanc, mais vers une surface colorée, alors les couleurs accidentelles se combinent avec la couleur réelle; c'est-à-dire que du bleu accidentel sur une surface jaune donnera du vert.

Les couleurs accidentelles se combinent entre elles ou avec les couleurs naturelles; suivant les lois qui président au mélange de ces dernières; toutefois l'apparence accidentelle étant de nature opposée à l'impression directe, il en résulte que quand deux couleurs réelles produisent du *blanc* par leur réunion, les couleurs accidentelles complémentaires qui les remplacent produisent du *noir*, qui est l'opposé du blanc. M. Plateau en conclut que les impressions chromatiques accidentelles et les impressions des couleurs réelles, seraient dues à des mouvements opposés transmis à la rétine.

Les couleurs accidentelles se manifestent même en fermant les yeux, après avoir contemplé un objet vivement éclairé. Elles paraissent et disparaissent plusieurs fois de suite avec des variations d'intensité de couleur et d'éclat parfaitement saisissables. Si, par exemple, on a regardé une croisée fermée recevant un jour vif, on voit, en fermant les yeux, une croisée dont les barreaux sont blancs et les carreaux noirs alternativement. Dans tous les cas, les couleurs accidentelles sont complémentaires des couleurs réelles observées.

Quant aux dimensions des images accidentelles par rapport aux objets qu'elles représentent, on peut dire, d'après M. Seguin (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, tome XLVII, 198), que l'image accidentelle d'un objet coloré a des dimensions égales à l'objet, plus petites ou plus grandes que lui, suivant qu'on la projette sur un fond placé à une distance égale à celle de l'objet, ou à une distance plus grande ou plus petite.

Les images accidentelles présentent un grand nombre de particularités relatives à l'éclat et à l'intensité des couleurs; nous ne pouvons nous y arrêter. On nomme *auréoles accidentelles* les apparences qui se produisent autour des objets, par exemple autour d'une rondelle de papier coloré appliquée sur un fond blanc, lorsqu'on la regarde fixement pendant quelques instants. Sa couleur semble s'effacer peu à peu sur le contour de l'objet qui alors paraît entouré d'une teinte complémentaire à la sienne.

M. Plateau explique ce fait, ainsi que celui des images accidentelles, par une fatigue momentanée

de l'œil jointe aux effets de persistance et d'excitation des diverses parties de l'organe visuel.

Contraste simultané des couleurs. On aura une première idée du phénomène de contraste en regardant simultanément deux objets de couleurs différentes, juxtaposés, comme deux feuilles de papier, deux étoffes ; on les verra plus dissemblables que s'ils étaient plus éloignés l'un de l'autre. La couleur de l'un rejaillit sur l'autre, du moins dans le voisinage de la ligne de jonction. Des effets analogues se produisent quand les deux objets sont, l'un blanc ou noir et l'autre de couleur quelconque ; ou bien quand tous deux sont de même couleur, mais de ton et d'éclat différents.

Ce phénomène du contraste simultané des couleurs est un fait physiologique qui a été observé depuis longtemps, mais qui n'a été formulé en une loi précise que, vers 1828, par M. Chevreul, devant l'Académie des sciences, puis dans son ouvrage ayant pour titre : *De la loi du contraste simultané des couleurs et de ses applications* (1839).

Voici l'énoncé de cette loi : « *Dans le cas où l'œil voit en même temps deux couleurs contiguës, il les voit les plus dissemblables possibles, quant à leur composition physique et quant à la hauteur de leur ton.* Il peut donc y avoir à la fois contraste simultané de couleur proprement dit et contraste de ton. »

Le *contraste de ton* peut être apprécié par l'expérience suivante : On juxtapose, en les collant sur un carton blanc, des bandes de papier couverte d'une teinte plate à l'encre de chine, mais de plus en plus foncées en passant de l'une à l'autre. Si l'on regarde ces bandes, durant quelques secondes, chacune d'elles, par contraste, paraîtra plus foncée sur le bord qui touche à une bande plus claire, et plus claire sur le bord en contact avec une bande plus foncée; et l'ensemble donnera, par illusion, une apparence de cannelure à bandes plates. Si l'on compare deux nuances d'une même couleur ne différant que par le degré d'intensité, l'une étant claire et l'autre foncée, le contraste qu'on obtient avec elles est encore un contraste de ton.

Le *contraste de couleur* se constate facilement en juxtaposant deux bandes de couleurs différentes ; il suffit de porter les regards sur ce système pour voir que chacune des couleurs est modifiée par le voisinage de l'autre. Le contraste est plus frappant si l'on a eu soin de placer, à une petite distance (de quelques millimètres) de chaque côté de ces bandes, une autre bande de même couleur que sa plus voisine. En général, lorsqu'on regarde simultanément deux objets colorés contigus, ou au moins dans le voisinage l'un de l'autre, les deux couleurs semblent réagir mutuellement de manière qu'*à chacune d'elles s'ajoute la complémentaire de l'autre*. C'est ce que M. Chevreul a vérifié dans un grand nombre d'expériences.

Par exemple, si deux bandes juxtaposées sont l'une *rouge*, l'autre *bleue*, par l'effet du contraste, le vert, complémentaire du rouge, en s'ajoutant au bleu de la seconde bande le fera tirer sur le vert ; l'orangé, complémentaire du bleu, en s'ajoutant au rouge de la première bande, le fera tenir sur l'orangé. De même, avec deux bandes verte et bleue ; le rouge complémentaire du vert, en s'ajoutant au bleu, le fait tirer sur l'indigo ; l'orangé, complémentaire du bleu, en s'ajoutant au vert, le fait tirer sur le jaune.

On se rendait compte de la même manière de tous les effets de contraste produits par les diverses couleurs prises deux à deux. Si les deux couleurs en expérience sont complémentaires, comme rouge et vert, leur juxtaposition ne pourra produire qu'une augmentation d'intensité de ces couleurs : le rouge paraîtra plus rouge, le vert plus vert.

L'effet de contraste, dans ce cas, sera assez difficile à voir. Mais comme il est très rare que deux couleurs matérielles soient exactement complémentaires, le contraste pourra encore être observable.

La juxtaposition des corps colorés et des corps *blancs* donne lieu aussi à des modifications, mais plus faibles qu'avec deux couleurs ; avec rouge et blanc, le rouge paraît plus brillant, plus foncé ; car le noir, complémentaire du blanc, s'ajoute au rouge et en rehausse aussi le ton ; quant au blanc, il prendra la teinte complémentaire du rouge, c'est-à-dire paraîtra verdâtre. Le *noir* et le *blanc*, qui peuvent être considérés comme complémentaires l'un de l'autre, deviennent, conformément à la loi du contraste de ton, plus différents que s'ils étaient vus isolément. Un corps coloré et un corps noir juxtaposés produisent des effets de contraste de ton et couleur.

Le contraste s'observe aussi entre les couleurs et le gris : ainsi avec rouge et gris, le gris paraît verdâtre en recevant l'influence de la complémentaire du rouge, le rouge paraît plus pur.

Il faut remarquer ici qu'il y a une différence essentielle à établir entre le *noir absolu* et le *noir matériel*, sous le rapport du contraste, lequel a lieu avec le noir matériel à cause de la lumière blanche qu'il réfléchit, tandis qu'il n'existe point avec le noir absolu qui n'en réfléchit pas.

Enfin, il résulte de nombreuses expériences de M. Chevreul, sur les substances les plus diverses, que la nature chimique des matières colorées n'a aucune influence sur le phénomène de contraste simultané.

Procédés divers employés pour observer le contraste simultané. 1° Rumford, dans ses expériences sur la comparaison des intensités de deux lumières différentes, par le moyen des ombres portées, avait remarqué, dès 1794, que la moindre différence dans la *couleur* des deux lumières se manifestait immédiatement, par la couleur des ombres respectives, de la tige opaque employée sur l'écran. Si l'une des lumières était blanche et l'autre jaune, l'ombre de la première avait la teinte complémentaire de la seconde.

2° En plaçant un verre coloré en rouge devant une lumière blanche, l'ombre qu'elle produit, par un corps opaque, sur un écran, paraît verte.

3° Prieur, qui le premier a donné le nom de *contraste* aux effets en question, les observait de la manière suivante : entre une fenêtre et l'œil il

plaçait une feuille de papier de couleur ayant une certaine transparence. En appliquant sur le papier une petite bande de carton blanc, celle-ci paraissait teinte de la couleur complémentaire du papier.

4° Il faisait encore usage du procédé suivant : sur des feuilles de papier de couleur, rouges, jaunes, vertes, etc., il formait des raies, des taches ou des dessins noirs qu'il couvrait d'une feuille mince de papier translucide. En regardant ces dessins au jour, il les voyait de la teinte complémentaire de celle du papier qui faisait le fond. Ainsi les dessins sur papier rouge paraissaient verts ; sur papier jaune ils semblaient bleus.

5° *Procédé d'Helmholtz.* On colle bout à bout deux feuilles de papier coloré, par exemple, l'une verte, l'autre rose et l'on fixe sur la ligne de jonction une bande de papier gris ; puis on recouvre le tout d'une feuille mince de papier à lettres de mêmes dimensions. La bande grise paraîtra rose là où elle touche le vert, et verte là où elle est en contact avec le rose. Au milieu de la bande, les deux teintes se fondent en donnant une couleur grise indéterminée.

6° *Procédé du docteur Brücke.* On dispose sur une surface plane horizontale la couleur destinée à produire le contraste et l'on applique sur elle un anneau noir (en papier ou peint). Sur un carton blanc mat vertical, on colle un anneau noir égal au précédent ; dans l'angle dièdre droit formé par ces deux plans on dispose une glace incolore qui le partage en deux parties égales. L'œil convenablement placé verra l'anneau du carton blanc très nettement coloré de la lumière complémentaire de celle de la couleur en expérience.

Les effets de contraste ne se produisent pas seulement sur des objets contigus, mais on les observe également, à un moindre degré il est vrai, quand les objets sont séparés par un intervalle de $0^m,05$; et même les modifications mutuelles des couleurs se font sentir à des distances quelconques beaucoup plus grandes : ainsi quand le soleil éclaire un appartement dont les murs sont revêtus d'une couleur vive, les parties de l'ameublement, éclairées par diffusion, semblent se teindre d'une couleur complémentaire de celle des murs. Les effets de contraste produits par les vitraux des églises sont parfois très remarquables par les teintes qui résultent des différents éclairements. M. Chevreul recommande, pour bien saisir les effets de contraste, de prendre comme *normes* deux échantillons parallèles aux couleurs juxtaposées et de les placer à distance pour juger de l'effet de la juxtaposition. On peut voir aussi que l'effet de contraste simultané est réciproque entre les couleurs juxtaposées, et que la manifestation du phénomène n'exige pas que l'une des couleurs n'ait qu'une faible étendue par rapport à l'autre.

M. Plateau avait signalé, en 1863, un cas qui lui paraissait échapper à la loi du contraste simultané des couleurs, et qu'il formulait en ces termes : « Lorsqu'on regarde d'une distance suffisante une bande colorée très étroite sur un fond d'une autre couleur, alors, au lieu de paraître modifiée par la complémentaire du fond, conformément à la loi du contraste, elle semble, au contraire, combinée avec la couleur même de ce fond. » (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LVII, p. 713.)

M. Chevreul, après avoir répété les expériences de M. Plateau et en avoir vérifié l'exactitude, n'en a contesté que l'interprétation. Il a montré que les effets observés en cette circonstance rentrent dans un principe diamétralement opposé à la loi du contraste simultané et qui est le *principe du mélange des couleurs*.

M. Chevreul avait d'abord distingué trois sortes de contrastes : *simultané*, *successif* et *mixte* ; en 1878, il y ajouta le *contraste rotatif*.

Le premier vient d'être décrit. Le *contraste successif* a pour base le phénomène des *couleurs accidentelles* (V. plus haut le chapitre spécial). Il se produit quand on a regardé, pendant quelques instants, un corps coloré sur fond noir et qu'on reporte ensuite les yeux sur une surface blanche. On voit la silhouette du corps d'une couleur complémentaire de celle de la substance. Le *contraste mixte* résulte de ce que la rétine, après avoir reçu pendant un certain temps l'impression d'une couleur, perd l'aptitude à nous donner la continuité de la sensation de cette couleur et acquiert, par une sorte de réaction, la propriété de voir, dans un second temps, la complémentaire de cette couleur, et de plus une couleur nouvelle qu'un objet extérieur vient lui offrir. La sensation complexe produite alors est la résultante de cette dernière couleur et de la première. M. Chevreul a fait sur ce sujet nombre d'expériences intéressantes. Comme application de ce phénomène, il conseille aux personnes qui croiraient avoir un œil autrement sensible que l'autre, de regarder une feuille de papier de couleur alternativement de l'œil droit et de l'œil gauche ; si les deux sensations ne sont pas identiques, c'est que les deux yeux ne sont pas d'égale sensibilité.

Le *contraste rotatif*, découvert par M. Chevreul en 1878, s'observe dans les conditions suivantes : un cercle, dont l'une des moitiés diamétrales est blanche et l'autre colorée, est mis en mouvement de rotation sur une *pirouette* (espèce de toupie d'Allemagne). Pour une certaine vitesse, d'environ 120 tours par minute, on peut voir la complémentaire de celle du cercle en mouvement. Toute autre disposition de couleurs sur ce cercle soit en zones continues, soit en secteurs, ou autrement, ne donne pas ce résultat, et M. Chevreul en explique la cause.

Le savant observateur a expérimenté successivement sur le blanc, le noir, le gris et toutes les couleurs principales. Les résultats obtenus par ce moyen sont venus confirmer ceux qu'il avait trouvés par les trois contrastes des couleurs en repos. — V. pour les développements : *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXXXVI (1878), p. 621, 854, 985 ; t. LXXXVII (1878, p. 576, 707 ; t. XCVI (1883, 2 janvier), p. 18.

Il n'y a donc rien à changer aux lois du contraste découvertes en 1828 ; mais le contraste ro-

tatif donne la certitude : 1° que le ton de deux couleurs juxtaposées s'accroît; 2° que les deux parties de la rétine cessant d'apercevoir : la première la couleur A et la seconde la couleur B, sont prédisposées, la première, à percevoir la complémentaire C de B, et la seconde B la couleur C, complémentaire de A, aussitôt que les parties de la rétine seront frappées par la lumière blanche.

M. Chevreul a appliqué le contraste rotatif au phénomène des *ombres colorées*, et il a pu se convaincre que l'explication qu'il en avait donnée, au sujet du contraste simultané des couleurs en repos, était exact.

M. Chevreul résume en ces termes l'importance qu'il attache au *contraste rotatif :* « C'est grâce à lui, dit-il (1), que je dois la connaissance du *contraste simultané des couleurs* telle que je la possède aujourd'hui; il m'a appris expérimentalement que tant que la rétine perçoit une couleur A, cette partie de la rétine ne peut en voir la complémentaire C; mais au moment où elle cesse de la percevoir, la lumière incolore, réfléchie par une surface blanche, ne s'affecte que de la couleur C. L'on s'explique encore les deux autres faits : 1° c'est que dans les premiers temps, où l'œil voit la couleur A, une portion de la lumière incolore affecte cette même partie de la rétine de cette même couleur A; 2° et dans le deuxième temps, où cette partie de la rétine vient de cesser de percevoir A, une fraction de lumière blanche l'affecte de la couleur C', complémentaire de B, à l'exclusion de B, si les couleurs juxtaposées ne sont pas complémentaires. »

D'après ce qui précède, on comprend que les effets de contraste simultané, successif, mixte ou rotatif, doivent nécessairement varier avec la nature de la lumière qui éclaire les substances colorées que l'on observe. De là une foule de circonstances qui peuvent influer sur les effets de contraste de diverses sortes.

Plusieurs phénomènes de la nature produisent des effets qui s'expliquent par le contraste des couleurs. Ainsi, quand la lumière du soleil levant ou couchant frappe les objets, les ombres qu'ils projettent sont *bleues*, résultat qui n'est point dû à la couleur du ciel, comme on l'a cru longtemps, mais parce que cette lumière est *orangée,* ou tout au moins comprise entre l'orangé, le rouge et le violet, et que, par contraste, l'ombre doit être complémentaire de l'orangé, c'est-à-dire bleue. Ce qui prouve l'exactitude de cette explication, c'est que si une lumière artificielle est rouge, jaune, verte ou violette, les ombres paraîtront respectivement vertes, violettes, rouges, jaunes.

M. Babinet a fait remarquer judicieusement que pour voir les couleurs des étoiles, il ne fallait pas les observer dans le voisinage des lumières artificielles des grandes villes (lumières qui sont toujours rouges à un certain degré), car, par contraste, les étoiles blanches paraîtraient *bleues*. La lumière de la lune, reflétée par l'eau des rues, observée dans les mêmes conditions, éprouve un effet analogue.

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, 2 janvier 1883, p. 28.

La *coloration verte* du ciel qui apparaît quelquefois à l'horizon, entre des nuages empourprés, les *teintes bleues* ou violettes des montagnes éloignées tranchant sur le fond du ciel, au soleil couchant, les *ombres bleues* projetées par les objets sur un mur blanc ou sur la surface de la neige, sont dues en grande partie à des effets de contraste des couleurs. Quant aux ombres colorées, il y a une condition essentielle à remplir pour qu'elles aient les teintes complémentaires des lumières qui les produisent, car, des expériences réalisées par M. Chevreul, en 1858 (1), il résulte ce fait : « l'ombre que projette un corps frappé par une lumière colorée ne paraît teinte de la complémentaire de cette lumière qu'autant que l'ombre est éclairée par une lumière diffuse incolore. »

Quant à la cause même de tous les phénomènes de contraste, elle est assez difficile à découvrir. Les uns admettent que c'est par suite d'une fatigue de la rétine que celle-ci, par une sorte de réaction, de mouvement vibratoire en sens contraire, nous donne la sensation de la couleur complémentaire de celle que l'œil a regardée. Les autres attribuent ces effets à une cause morale qui fait ressortir ce que deux couleurs mises en présence ont de dissemblable, en affaiblissant le sentiment de ce qu'elles ont de commun. Prieur en a eu le premier l'idée; Helmholtz l'a admise en ajoutant que « l'habitude dans l'appréciation des couleurs devait émousser la vivacité du sentiment de contraste », ce qui est assez difficile à constater, car l'habitude de voir les couleurs permet de se rendre mieux compte des divers effets qu'elle produit sur notre organe visuel. M. Chevreul, dans toutes ses publications, s'est abstenu « avec réflexion, dit-il, de donner aucune explication plus ou moins contestable de la cause des phénomènes du contraste des couleurs, cause certainement à la fois physiologique et psychique. »

Les lois formulées par M. Chevreul sur le contraste des couleurs, ce phénomène si délicat et qui a passé si longtemps sans être, sinon aperçu, du moins scientifiquement décrit, présentent ceci de remarquable que, malgré les progrès de la science depuis plus d'un demi-siècle (depuis 1827), elles restent entières et parfaitement exactes, après avoir subi toutes les épreuves du temps, toutes les vérifications physiques, chimiques et physiologiques.

Les observations nouvelles que M. Chevreul lui-même a ajoutées relativement au contraste rotatif n'ont fait que corroborer la justesse des principes concernant le contraste des couleurs en repos.

Harmonie des couleurs. Une conséquence immédiate de la loi du contraste simultané est celle de l'harmonie des couleurs. Si certaines couleurs isolées sont vues avec plaisir, abstraction faite de tout dessin, la vue simultanée de plusieurs couleurs convenablement assorties est plus agréable encore. Ainsi les nuances d'une gamme qui commence au blanc et finit au

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLVII, p. 196.

brun noir par gradation bien ménagée. Les couleurs complémentaires, les trois couleurs simples, rouge, jaune, bleu, séparées par du blanc, composent des groupes harmonieux à divers degrés. Mais si deux couleurs sont bien éloignées l'une de l'autre dans l'ordre spectral, il est rare que leur ensemble plaise à l'œil. M. Chevreul, que nous devons prendre encore ici pour guide, distingue six harmonies de couleurs, comprises en deux genres.

Harmonies d'analogues : 1° L'*harmonie de gamme*, produite par la vue simultanée des différents tons d'une même gamme plus ou moins rapprochés: 2° l'*harmonie de nuances*, produite par la vue simultanée de tons à la même hauteur ou à peu près, appartenant à des gammes voisines l'une de l'autre; 3° l'*harmonie d'une lumière colorée dominante*, produite par la vue simultanée de couleurs diverses, assorties conformément à la loi du contraste, mais dominées par l'une d'elles, comme cela résulte de la vision de ces couleurs au travers d'un verre légèrement coloré.

Harmonies de contrastes : 1° l'*harmonie de contraste de gamme*, produite par la vue simultanée de deux tons d'une même gamme très éloignés l'un de l'autre; 2° l'*harmonie de contraste de nuances*, produite par la vue simultanée de tons à des hauteurs différentes, appartenant chacune à des gammes voisines ; 3° l'*harmonie de contraste de couleurs*, produite par la vue simultanée de couleurs appartenant à des gammes très éloignées, assorties suivant la loi du contraste. La différence de hauteur des tons juxtaposés peut augmenter encore le contraste des couleurs.

Les assortiments binaires ou ternaires sur lesquels ont porté les observations de M. Chevreul, sont ceux du rouge, de l'orangé, du jaune, du vert, du bleu et du violet, entre eux ou avec le blanc, le noir ou le gris. Il fait remarquer d'abord que tous les assortiments ne sont pas également agréables, la hauteur et le ton de chaque couleur ayant une grande influence sur les effets produits. En voici quelques exemples :

Couleurs et blancs. — *Assortiments binaires*, dans l'ordre de leur plus grande beauté :

Bleu-clair et blanc.	Vert-gai et blanc
Rose et blanc.	Violet et blanc.
Jaune foncé et blanc.	Orangé et blanc.

Assortiments binaires et ternaires de couleurs complémentaires entre elles et avec le blanc :

Le *rouge* et le *vert* sont, parmi les couleurs complémentaires, celles qui présentent le plus d'égalité en hauteur et qui donnent l'ensemble le plus harmonieux.

L'arrangement *blanc, rouge, vert, blanc* n'est pas supérieur au précédent. Celui de *blanc, rouge, blanc, vert*, lui est inférieur.

Le caractère propre d'une couleur ne ressort jamais mieux que quand elle est associée à sa complémentaire.

Assortiments ternaires de couleurs non complémentaires et avec le blanc.

Le *rouge* et l'*orangé* vont très mal ensemble. Le blanc entre couleurs qui se nuisent ne peut que produire un effet avantageux. Le *rouge* et le *bleu* vont passablement ; l'*orangé* et le *vert* ne vont pas mal; le *jaune* et le *vert* font un assortiment agréable ; le *jaune* et le *bleu* vont mieux encore. Le noir, judicieusement employé, produit de bons effets dans la peinture comme dans l'ameublement. Aucun assortiment des couleurs primitives avec le noir n'est désagréable. Avec le *blanc,* dont l'éclat est toujours dominant, les autres couleurs auront toujours des harmonies de contraste, tandis que le *noir* avec les couleurs sombres (bleu, violet) forme des harmonies d'analogues. Toutes les couleurs primitives gagnent en pureté par le voisinage du *gris.* Par exemple, le *gris* et le *bleu,* le *gris* et le *violet* forment des arrangements dont l'harmonie d'analogues est agréable, mais moins cependant que celle du noir avec les autres couleurs. Toutes les nuances sur fond noir sont plus belles, plus vives que sur fond blanc ; la vue en est plus distincte.

M. Chevreul a résumé en onze propositions les observations sur l'harmonie des couleurs; nous citerons les principales :

1° L'arrangement complémentaire est supérieur à tout autre dans l'harmonie de contraste ;

2° Les couleurs simples des artistes (rouge, jaune, bleu), associées deux à deux, vont mieux ensemble comme harmonie de contraste que les autres couleurs;

3° Lorsque deux couleurs vont mal, il y a toujours avantage à les séparer par du blanc, du noir ou du gris ;

4° Le noir ne produit jamais un mauvais effet lorsqu'il est associé à deux couleurs lumineuses; souvent même alors il est préférable au blanc, surtout dans l'arrangement où il sépare les couleurs l'une de l'autre;

5° Le noir, en s'associant aux couleurs sombres et aux tons rabattus des couleurs lumineuses, produit des harmonies d'analogues qui peuvent être d'un bon effet dans plusieurs cas. Les autres observations sont relatives au gris.

On verra dans COULEUR AU POINT DE VUE ESTHÉTIQUE des exemples d'harmonie des couleurs et de leurs applications diverses.

La loi du contraste simultané, avec ses conséquences sur l'harmonie des couleurs, n'est pas restée uniquement à l'état théorique abstrait; M. Chevreul en a fait des applications nombreuses : à la peinture, d'après le système du clair-obscur, d'après le système des teintes plates et au coloris en général ; aux tapisseries des Gobelins, de Beauvais, de la Savonnerie ; aux tapis pour meubles et aux tapis du commerce ; aux mosaïques, aux vitraux colorés des églises; à l'impression de dessin sur étoffes et sur papier ; à l'impression des caractères d'imprimerie sur papiers de diverses couleurs; à l'enluminure des cartes géographiques, des tableaux graphiques; à l'architecture, pour l'emploi des couleurs; à la décoration des intérieurs d'édifices, d'églises, de palais, de musées, de salles de spectacle, etc.; à l'assortiment des étoffes aux bois des meubles pour sièges ; à l'assortiment des cadres aux tableaux, gravures, etc.; à l'habillement des hommes et des femmes, aux uniformes des troupes ; à l'hor-

ticulture, pour l'art d'assortir dans les jardins les plantes d'ornement, afin de tirer le meilleur parti possible de la couleur des fleurs pour l'agrément de la vue ; les plantes ligneuses, pour le meilleur assortiment de leur feuillage ; pour la distribution et la plantation des végétaux dans les massifs, etc.

Nous ne pouvons entrer dans les détails de ces applications. Nous renvoyons, à ce sujet, aux ouvrages de M. Chevreul et à notre étude esthétique relative aux *couleurs*.

Les effets de contraste sont, pour les artistes, d'un grand intérêt; ils y trouvent les causes de l'action favorable ou défavorable des couleurs et de leur association plus ou moins heureuse. — C. D.

Bibliographie : Versuche und Beobachtemgen über die farben der Lichtes (Leipsic, 1792); *Annales de chimie et de physique*, 1re série, t. LXIV, 135 ; *Lehre vom Lichtsimre*, HÉRING (Vienne, 1878); *Kühne in verhandlungen der naturhistoriche medicinischen Vereins zu Heidelberg* (1877-1879); BRÜCKE : *Des couleurs au point de vue physique, physiologique, artistique et industriel*, 1866 (traduction de M. Schutzenberger).

COULEUR AU POINT DE VUE ESTHÉTIQUE

Tout d'abord nous formulerons deux propositions que nous considérons comme démontrées et désormais acquises à notre argumentation.

1° La couleur comme élément d'art se suffit à elle-même sans le concours de l'idée; elle peut être et elle est en effet l'objet spécial d'une certaine application et direction de l'art de peindre, direction et application qui occupent, il est vrai, un rang secondaire, mais qui n'en sont pas moins légitimes ni moins dignes d'intérêt. Enfin, employée par voie de juxtâposition, à l'aide de matières d'une étendue limitée, comme dans les tissus, tapis et papiers peints, ou par voie d'extrême division, comme dans la peinture elle-même proprement dite, elle constitue l'élément le plus actif et le plus séduisant de l'art décoratif.

2° La couleur exerce sur le moral de l'homme une action, qui varie en raison des circonstances extérieures et des circonstances individuelles, mais une action réelle avec laquelle il faut compter.

Du premier de ces faits il résulte, contrairement à l'opinion exprimée par un adage vulgaire, que la couleur étant un élément d'art est soumise à des lois précises. Ces lois, étudions-les. Nos principaux guides en cette matière délicate sont l'illustre Chevreul dont les beaux travaux ont une réputation européenne et le docteur L. Brücke de Vienne, dont l'ouvrage a été livré au public français grâce à la traduction faite sous les yeux de l'auteur (qui en atteste la fidélité intelligente) par M. J. Schutzenberger.

M. Chevreul a l'honneur d'avoir le premier posé et formulé les deux principes essentiels, base nécessaire de toute combinaison des matières colorées : le principe du « contraste simultané » et celui du « contraste successif ». — V. les articles précédents.

Les phénomènes de contrastes : contraste de ton, contraste simultané, contraste successif et contraste mixte doivent avoir été observés et étudiés par quiconque prétend mettre une harmonie réelle dans la décoration d'un intérieur. D'après les principes démontrés par M. Chevreul, on peut se diriger à coup sûr pour peu qu'on y apporte de réflexion et aussi de goût naturel. Selon l'effet qu'on voudra obtenir, on s'appuiera sur telle ou telle des lois de contraste ; on cherchera le contraste dans la couleur ou dans le ton. Dans le premier cas, on emploiera des couleurs complémentaires ; dans le second, des couleurs d'une même gamme ne variant que par leur degré d'intensité ou de clarté.

Prenons quelques exemples : le premier soin du décorateur sera de calculer son effet en vue de la destination et de la dimension de la pièce. S'il s'agit d'un salon de réception, il évitera de donner à la tenture les tons clairs des gammes rouges ou violettes dont les complémentaires jetteraient une teinte verte ou orangée sur le ton propre des carnations. Si l'on cherche l'harmonie des chairs et de la tenture par le contraste des couleurs, on choisira de préférence un papier ou une étoffe d'un vert clair. Si, au contraire, on veut obtenir cette harmonie par le contraste des tons ou des gammes voisines analogues, on admettra, sans inconvénient, pour de très grandes pièces une tenture cramoisie.

Etant donnée une tenture d'une certaine couleur, si la pièce est grande, les sièges pourront être de la couleur complémentaire. Si elle est petite, on s'arrêtera à une gamme voisine, mais plus claire ; si l'on veut conserver à la pièce (un boudoir par exemple) le caractère d'intimité que lui donnent ses dimensions restreintes, le tapis sera également dans les mêmes harmonies et d'un ton plus clair encore que les sièges.

Règle générale : veut-on grandir l'apparence d'une pièce, il faut que du centre aux murailles s'étage une suite de tons de plus en plus clairs ; la proposition inverse est également vraie. Dans le cas où la pièce doit conserver pour le regard ses dimensions réelles, il suffit d'employer pour les tentures, lambris et sièges, l'harmonie de contraste par les couleurs complémentaires.

L'application de ces quelques principes se prête à toutes les combinaisons possibles et donne une solution dans tous les cas imaginables. Elle dirigera dans le choix des fonds pour un cabinet de tableaux, un cabinet d'estampes, une galerie de sculpture ; dans les combinaisons de couleurs relatives aux lambris d'appui, aux tentures, aux sièges, aux rideaux des fenêtres et à ceux du lit (s'il s'agit d'une chambre à coucher), aux tapis, aux plafonds, aux fenêtres elles-mêmes, aux portes (que nos peintres décorateurs ont généralement le tort de peindre de la couleur du lambris dont elles devraient se détacher), aux intérieurs boisés ou revêtus de marbre, de stuc ou de peinture. Depuis quelques années, on revient au goût de la peinture décorative proprement dite ; on use ainsi d'un élément de beauté très séduisant et très intelligent. Félicitons, en passant, l'architecte de la Bibliothèque de la rue Richelieu qui a su recourir avec succès et l'un des premiers à ce moyen d'ornementation. La salle de lecture est entourée

d'arcades reposant sur de hautes colonnes. Le tympan des arcades est peint avec un sens très délicat de la décoration et de la loi de convenance. Le motif adopté par l'architecte représente purement et simplement des cimes d'arbres montant dans l'azur. En ce milieu calme, sévère, réservé au travail, c'est une excellente pensée que d'avoir écarté les motifs d'action ou d'allégorie pour présenter exclusivement aux regards, s'ils viennent à s'égarer vers ces hauteurs, l'image de la nature sereine et, en sa sérénité, complice de l'active méditation. C'est un heureux exemple du rôle que la peinture pourrait jouer dans la décoration intérieure des appartements. Dans le même ordre d'idées, la Ville de Paris a mis récemment au concours la décoration des salles de mariage dans nos mairies, et l'on pourrait citer plusieurs hôtels particuliers où l'art du peintre décorateur a laissé de grandes et belles pages.

Nous n'avons pu qu'indiquer les principes généraux de contraste, de couleur et de ton posés par M. Chevreul, laissant au lecteur le soin d'en tirer les conséquences.

Owen Jones, l'auteur d'un ouvrage célèbre en Angleterre, *la Grammaire de l'Ornement*, s'est beaucoup aidé des travaux de M. Chevreul. Ce sont des applications des mêmes principes qu'il formule et reprend, pour son compte, dans les propositions suivantes :

« Lorsqu'on applique des ornements colorés sur un fond de couleur contrastante, on doit les isoler par un cadre de couleur plus claire. Ainsi, une fleur rouge sur un fond vert doit offrir un bord rouge plus clair.

« On peut appliquer sans contour une teinte claire sur un fond de la même couleur, mais foncé. Si l'ornement est foncé et le fond clair, il doit être pourvu de contours encore plus foncés et de la même teinte, etc., etc. »

Nous citons ces propositions pour montrer quel chemin ont fait les travaux de l'éminent chimiste français à qui nous devons les recherches, les découvertes et les formules les plus complètes et définitives en cette matière. Mais nous devons ajouter que si, grâce à celui-ci, Owen Jones fut un théoricien éminent, il s'est montré déplorablement insuffisant quand il a voulu passer de la théorie à la pratique. Les Anglais qui n'auraient pas vu les peintures originales de Pompéï et devraient les juger d'après la cour pompéienne du Crystal Palace décorée sous sa direction, se feraient de ce bel art l'idée la plus fausse. Il semble vraiment que pour Owen Jones un bleu quelconque dans la décoration vaut un autre bleu quelconque, un rouge n'importe quel rouge. Au lieu de l'effet harmonieux qui caractérise l'ancien art décoratif et dans lequel les harmonies sont à la fois d'une rare vigueur et d'une extrême délicatesse, Owen Jones a réalisé un modèle achevé de colorations discordantes. C'est ce qui faisait dire publiquement au professeur E.-J. Poynter, dans une lecture récente faite au South Kensington Museum, qu'il voudrait voir l'édition tout entière de la *Grammaire de l'ornement* au fond de la mer plutôt que d'en voir un seul exemplaire entre les mains des élèves.

Nous devons maintenant dire quelques mots des altérations que les couleurs subissent lorsqu'elles sont vues à la lumière artificielle.

Tout le monde a maintes fois remarqué que le bleu clair, vu à la clarté de la lampe, des bougies ou du gaz, prend une teinte verte très caractérisée, et que, dans les mêmes conditions, le jaune clair s'éclaircit et paraît blanc. Cette illusion tient à la composition de la lumière artificielle qui est jaune et non point blanche comme la lumière solaire. Les rayons jaunes, en se combinant avec le rayonnement d'une étoffe bleue, produiront inévitablement la sensation verte. Ils éclaireront le jaune clair, aviveront le vermillon, rapprocheront le pourpre du jaune pur, pâliront le violet, etc. On aura donc à calculer soigneusement les modifications apparentes que la lumière jaune de notre éclairage artificiel fait subir à la couleur réelle des objets destinés à n'être vus que le soir.

Nous terminerons ces quelques observations sur l'association des couleurs par une remarque très importante. Quelle que soit la richesse de nos procédés modernes en fait de teinture, il est cependant certaines nuances qui nous échappent; nous ne pouvons atteindre à la beauté, à la finesse, à l'éclat de certaines fleurs. Tel rapprochement de couleurs qui, dans un parterre nous semblera délicieux, devient insupportable s'il est reproduit par des couleurs industrielles. Il y a un moyen cependant de retrouver artificiellement et dans tout leur éclat bien des tons que la teinture ne peut fournir. Au lieu de s'efforcer d'agir sur la rétine par l'impression isolée d'une couleur uniforme, on peut obtenir le résultat vainement poursuivi, à l'aide du mélange de deux ou plusieurs couleurs juxtaposées et alternant par tons fins. Un tissu ainsi fabriqué vu de très près laissera, il est vrai, distinguer les couleurs dont il est composé; mais à courte distance, le mélange s'opère sur la rétine et l'on obtient ainsi l'effet désiré. Il suffit de regarder une gravure au burin pour contrôler la justesse de cette assertion. C'est par la combinaison du blanc et du noir que le graveur réalise toutes les variétés du gris à l'aide desquelles il donne le modelé, le relief aux sujets les plus compliqués. Le docteur E. Brücke, dans son livre des *Couleurs*, cite un curieux exemple de ce phénomène: un tissu lyonnais du XVI^e^ siècle conservé dans la collection de Bock, du Musée de Vienne. Ce tissu est un damassé de soie bleue. Dans le dessin, des fils jaunes se croisent avec les fils bleus, mais les deux couleurs sont proportionnées de manière à se neutraliser exactement en donnant du gris et même du blanc, sous un éclairage plus intense. « Ce gris, ajoute l'auteur, par suite de son mode de génération, offre quelque chose de brillant; le dessin, vu à une distance et avec un éclairage convenables, paraît d'un blanc d'argent impossible à imiter, par l'usage même du blanc. » N'ayant point à tracer ici un traité complet de la couleur au point de vue décoratif, nous devons nous arrêter et nous tenir pour satisfait, si nous réussissons à montrer, par ces rapides indi-

cations, que la couleur est un art et aussi une science, et, conséquemment, que dans les applications multiples faites chaque jour autour de nous, par nous et sur nous-mêmes, rien ne doit être abandonné au hasard.

Nous nous sommes borné, d'autre part, à affirmer l'action morale des couleurs ; nous n'avions pas à poser de lois générales à ce sujet, par ce motif qu'il n'en existe que de particulières, de spéciales à chacun de nous et relevant uniquement de notre tempérament, de nos habitudes, de nos sentiments, en un mot, de l'initiative individuelle dont nous appelons le retour et le développement de tous nos vœux.

Technique. Il n'existe en France, le croirait-on, aucun traité spécial récent sur la technique des couleurs d'artiste peintre. Il faut se reporter aux ouvrages de Bouvier, de Paillot de Montabert et de J.-F.-L. Mérimée qui datent de plus d'un demi-siècle. C'est donc à l'œuvre de M. Jacques Blocks fils, un chimiste belge éminent, que nous sommes forcés d'emprunter les éléments de l'importante étude qui suit et n'est que le résumé de son *Compendium à l'usage des artistes peintres* (Gand, 1881).

« La peinture ne s'apprend pas dans les livres », dit-on. A ne considérer que la manière propre à chaque artiste de reproduire sa pensée au moyen des couleurs, cet aphorisme est juste. Mais, pris dans son ensemble, l'art de peindre constitue deux parties bien distinctes quoiqu'étroitement liées : la partie esthétique et la partie technique. Cette dernière comprend non seulement tout ce qui se rattache à la peinture : l'étude des formes, des proportions, de la perspective, de l'anatomie et de l'histoire ; mais aussi tout ce qui a trait au côté matériel. De nos jours, l'étude des connaissances matérielles est trop négligée, et l'on doit surtout attribuer à cette circonstance la rapide altération des tableaux. Au sortir des académies, les jeunes artistes possèdent leur *art* proprement dit, mais le plus souvent ils ignorent les notions les plus élémentaires de leur *métier* ; rarement ils sont à même d'apprécier les matériaux qu'ils emploient. Nous exprimons le vœu que l'étude des connaissances matérielles de la peinture soit dorénavant comprise dans les cours de l'enseignement officiel à l'Ecole des beaux-arts. Les élèves acquerraient ainsi une pratique rationnelle et la conservation de leurs œuvres serait assurée. Il est incontestable que, pour se trouver dans les conditions nécessaires par rapport à la solidité, la peinture à l'huile doit être soumise à certaines règles. Les gothiques que nous citons comme exemple, parce que leur peinture est celle qui s'est le mieux conservée, avaient une méthode uniforme ; ils employaient généralement les mêmes couleurs. Que l'on compare la peinture moderne à celle du xv^e^ siècle, et l'on conviendra qu'il est profondément regrettable de voir dans nos musées des tableaux, qui ne datent pas de vingt ans, plus détériorés que d'autres tableaux datant de plus de quatre siècles.

Les anciens avaient-ils des couleurs meilleures que les nôtres? Avaient-ils, comme nous l'avons souvent entendu affirmer, un véhicule merveilleux dont le secret est perdu pour nous? Tout en respectant cette opinion, nous sommes persuadés que c'est autant à la manière parfaite dont les couleurs ont été appliquées qu'à leur bonne qualité et à celle des autres matériaux en usage à cette époque, que la conservation des tableaux anciens doit être attribuée.

Quelle est la raison pour laquelle le plus grand nombre de nos tableaux modernes perdent si rapidement leur fraîcheur? Pourquoi jaunissent-ils dans les parties claires et prennent-ils un aspect terreux? Pourquoi les couleurs perdent-elles leur éclat et, dans certains cas, changent-elles de nuance? D'où proviennent ces accidents si fréquents et si nombreux qu'un examen sérieux nous découvre? Les défauts que nous venons de relever dépendent de bien des causes et, notamment, de l'emploi des huiles de mauvaise qualité ; de l'usage excessif des siccatifs et des vernis ; de l'abus de l'essence de térébenthine ; de l'emploi de couleurs dont la fixité n'est pas parfaite ou qui se dénaturent d'une manière défavorable dans les mélanges ; de la mauvaise préparation des supports ou de leur emploi prématuré ; de la manière vicieuse d'appliquer les couleurs ; du vernissage trop hâtif des tableaux.

Un acte d'une importance capitale et sur lequel nous appelons toute l'attention des artistes, c'est le choix judicieux des panneaux et des toiles. De leur bonne préparation dépend la durée d'un tableau. La pâte qui couvre les supports doit être composée de céruse et d'huile de lin et non pas de blanc d'Espagne et de colle. Elle doit être appliquée en quantité suffisante pour bien remplir les pores du bois sans former une couche épaisse. Elle doit être avant tout parfaitement durcie. L'air, la lumière et la chaleur aidant beaucoup à la dessiccation, il n'y a rien d'absolu dans la détermination du temps qu'il faut aux supports pour être convenablement secs. Cela dépend de la bonne qualité des matériaux employés, surtout des huiles et du milieu favorable dans lequel les toiles ou les panneaux ont été placés après leur préparation. On s'assurera de l'état du support en grattant fortement avec l'ongle du pouce sur les bords du panneau. Si la préparation est sèche à point, on ne doit rien pouvoir enlever et l'ongle doit produire un bruit aigu. Les supports dont la couche de fond n'est pas parfaitement durcie, peuvent occasionner des crevasses profondes. Nous engageons les artistes à employer de préférence des toiles et des panneaux non teintés. Ordinairement les fabricants ajoutent des ocres communes à la préparation pour la colorer légèrement. Comme ces ocres sont sujettes à monter de ton, cette circonstance peut nuire plus tard à l'effet de certaines parties du tableau, là où la couche de couleur n'est pas assez épaisse pour empêcher le fond d'agir par transparence. Nous conseillons aussi de préférer l'acajou et surtout le cèdre de bonne qualité au chêne. Ces deux premiers bois, étant plus poreux, laissent mieux pénétrer la préparation et l'adhérence est plus complète. Ils sont aussi moins enclins à se déjeter et les vers ne les attaquent pas.

Nous avons dit plus haut que les supports doivent être préparés à la céruse et à l'huile, et non point à la colle et au blanc d'Espagne. On peut objecter avec quelque apparence de raison que les gothiques ont peint sur une préparation que l'on croit généralement composée de craie et de colle animale, et que, malgré cela, leur peinture s'est bien conservée sous tous les rapports. Cette objection n'a pas d'importance sérieuse: sans compter les accidents nombreux et funestes occasionnés par ce procédé, nous ferons simplement remarquer que, si les anciens avaient préparé leurs supports à l'huile, leurs œuvres auraient pu résister pendant des siècles encore, mais que le contraire est fort à craindre, la décomposition de la matière gélatineuse occasionnant le manque d'adhérence de la préparation qu'ils ont employée. La gélatine étant une matière animale, hygrométrique à un haut degré, elle est naturellement exposée à se corrompre au contact de l'humidité et à perdre ses qualités adhésives. Ce fait est constaté par des preuves saisissantes que nous avons journellement sous les yeux. Qui ne sait avec quelle rapidité se détériore la peinture à la colle, surtout lorsqu'elle est appliquée sur bois! Elle s'écaille et s'effrite en peu de temps. Le résultat qui se produit à l'air libre doit fatalement se représenter sur les panneaux et surtout sur les toiles — quoiqu'ils soient protégés par la couche de couleur à l'huile — mais au bout d'un nombre d'années plus grand. Il est donc *prudent* et *rationnel* d'employer la préparation à la céruse et à l'huile. Arrivée à un état de siccité parfaite, elle sera, pour ainsi dire, impénétrable à l'air et à l'humidité. Pour prévenir l'action nuisible de ces deux agents sur le bois ou sur la toile, nous conseillons aussi de faire peindre deux ou trois fois à la céruse et à l'huile l'envers des supports. On a prétendu longtemps qu'il vaut mieux que le bois ou la toile soit en contact direct avec l'air. Cette opinion est démentie par de nombreux exemples. Dans les églises, où les tableaux sont généralement exposés à l'humidité, les volets de certains triptyques peints des deux côtés se sont bien conservés; tandis que sur le panneau du milieu dont un côté seulement est peint, on trouve des accidents de toute nature. Le bon sens nous dit que ce sont les variations hygrométriques de l'air qui causent en grande partie ces désastres par influence directe sur le bois. La couche de couleur durcie, ne pouvant suivre la dilatation ni le rétrécissement du support, doit inévitablement se crevasser, même s'écailler à la longue. Un fait plus concluant encore; M. Blocks a eu l'occasion d'examiner des ouvrages de menuiserie datant du XVII^e^ siècle peints de tous côtés, placés dans un souterrain et exposés ainsi à une humidité constante. Il a constaté que le bois était en parfait état et que la couche de couleur à l'huile était bien adhérente. Il est donc de première nécessité d'empêcher l'action de l'humidité pour assurer la conservation des couleurs et, en même temps, celle des supports. Certains artistes exécutent leurs œuvres directement sur bois ou sans aucune préparation. Nous approuvons entièrement cette manière de procéder qui donne d'excellents résultats et peut-être bien les meilleurs de tous. Il est essentiel cependant de prendre certaines précautions que nous indiquerons plus loin, de choisir des bois vieux, secs, peu sujets à se déjeter et qui, en outre, ne contiennent ni résine, ni principes acides. On sait que le sapin du nord et même le chêne occasionnent des dégâts irrémédiables aux couleurs.

L'huile est la base fondamentale de la peinture qui nous occupe; elle doit, conséquemment, se trouver dans les meilleures conditions par rapport à la qualité; en un mot, elle doit posséder tout ce que la nature lui a donné. Les faits démontrent clairement que les procédés primitifs de fabrication et d'épuration des huiles étaient les meilleurs. Au point de vue industriel, certes, la science a fait depuis des progrès considérables; on est arrivé à clarifier et à blanchir artificiellement les huiles en quelques jours, alors qu'il faut plusieurs mois, parfois plus d'un an, pour que ce travail se fasse naturellement par le repos et par l'action des rayons solaires. Mais la rapidité du travail nuit dans ce cas à la solidité du résultat obtenu. Pour posséder toutes leurs qualités grasses, les huiles ne doivent pas avoir été battues à l'acide ni clarifiées par un procédé chimique quelconque. Le repos prolongé seul peut leur faire perdre la partie mucilagineuse; les lavages répétés, l'exposition aux rayons du soleil éliminent l'acide oléique et achèvent de les clarifier et de les blanchir. Ce traitement atténue le défaut que les huiles possèdent à un degré variable, celui de jaunir en séchant. Elles ne doivent en aucun cas avoir été bouillies ni oxygénées, c'est-à-dire rendues plus siccatives artificiellement, par des oxydes ou des sels métalliques. L'air et la chaleur du soleil communiquent aux huiles un degré d'oxygénation suffisant pour leur permettre de sécher dans un temps convenable. Toute huile oxygénée d'une manière artificielle jaunit considérablement après sa dessiccation et devient cassante. Il suffit d'une quantité très minime de matière oxydante en dissolution dans l'huile pour lui communiquer ces graves défauts. « L'étude des huiles nous a longuement occupé, dit M. Blocks. Toutes les recherches que nous avons faites en vue d'arriver à décolorer et à oxygéner artificiellement ces liquides, sans nuire à leur solidité, ont été infructueuses, et nous avons abandonné les procédés en usage, parce que nous avons acquis la conviction que pour la peinture artistique ils ne conviennent pas. Le résultat de nos expériences nous a donné la certitude que les huiles litharginées ou manganésées perdent leurs qualités grasses. Pareilles huiles, appliquées sur verre et exposées au grand air et au soleil, sont devenues opaques au bout de six à huit semaines. En moins de six mois, la plupart d'entre elles étaient devenues pulvérulentes. Par contre, des échantillons d'huile vierge soumis à la même épreuve avaient conservé au bout de ce temps leur brillant et leur élasticité. » Les deux espèces d'huile les plus propres à la peinture artistique, sont l'huile de lin et l'huile d'œillette. Nous estimons que la pre-

mière est la plus grasse et qu'elle communique le plus de solidité aux couleurs; mais comme elle jaunit beaucoup en séchant, même après avoir été blanchie, il est des cas dans lesquels l'huile d'œillette doit lui être préférée. Ainsi le blanc d'argent, le bleu, le violet, les laques de garance pâles doivent être broyées à l'huile d'œillette, si l'on veut qu'ils conservent franchement leur nuance propre. De là découle qu'il ne faut jamais se servir d'huile de lin pour délayer les couleurs destinées aux parties claires d'un tableau. L'huile de lin vierge, clarifiée par les moyens que nous avons indiqués, est de couleur jaune d'or. L'huile d'œillette vierge ayant subi le même traitement est de nuance paille claire. Toutes deux doivent être parfaitement limpides et brillantes. Les huiles vieilles et épaissies sont éminemment propres à la peinture artistique au point de vue de la solidité. Le seul inconvénient qu'elles offrent pour certains artistes, c'est de rendre les couleurs plus ou moins poisseuses. Approprier aux matières colorantes les huiles qui conviennent à leur composition chimique et à leurs propriétés physiques, afin d'obtenir une dessiccation homogène et le plus de solidité possible, voilà le grand art du préparateur. Nous croyons qu'il est malheureusement peu connu et moins encore mis en pratique.

Il nous faut aussi dire quelques mots des vernis et donner leur composition d'une manière générale, afin de mieux faire comprendre les raisons pour lesquelles il est dangereux de se servir de ces liquides pour détremper les couleurs à l'huile, usage malheureusement trop répandu parmi les artistes. Rien n'est plus confus que les principes de la fabrication des vernis. Malgré les recettes sans nombre entassées dans les recueils publiés par les praticiens; malgré les efforts de plusieurs savants chimistes, la science ne possède pas de bases certaines pour définir théoriquement et d'une manière absolue la bonne fabrication des vernis. Si les procédés diffèrent, les résultats obtenus se ressemblent; les vernis sont inévitablement condamnés à devenir friables. Leur durée n'est pas déterminée, elle dépend de la qualité des résines et des gommes ou résines molles qui les composent, de la proportion dans laquelle celles-ci ont été assemblées et aussi de la manière dont les huiles ont été préparées. Pour qu'un vernis gras résiste bien, il faut que la proportion d'huile soit plutôt exagérée. « Certains vernis sont très siccatifs, ce sont les moins solides; d'autres sont glutineux, gras, longs à sécher, mais aussi ce sont les plus résistants lorsqu'ils ont atteint le degré de dessiccation qui leur convient. » (Dumas, *Précis de chimie*, 1828.) On distingue plusieurs espèces de vernis : les vernis à l'huile ou vernis gras, ceux à l'essence, à l'alcool, à la benzine et au chloroforme. Les deux premiers seuls nous arrêteront, puisque seuls ils sont employés dans la peinture à l'huile.

Un vernis gras est un mélange d'une ou de plusieurs résines fondues, d'huiles siccatives ou *vernis d'huile* en terme de vernisseur, et d'essence de térébenthine. L'huile la plus employée est l'huile de lin; on se sert aussi d'huile de noix et de pavot, mais plus rarement. Le copal, le succin, la térébenthine de Venise, la sandaraque, le mastic, le camphre, l'animé, l'élémi, le baume de copahu, sont les résines et les gommes ou résines molles principales qui servent à composer les vernis. Selon la nature de ces derniers et l'usage auquel ils sont destinés, les proportions des résines, de l'huile, de l'essence varient à l'infini. Le procédé de fabrication généralement adopté pour les vernis gras consiste à mettre les résines en fusion et à leur incorporer ensuite l'huile et finalement l'essence. Les vernis à l'essence se font à une chaleur modérée ou à froid, d'après le degré de solubilité des gommes. Examinons maintenant pourquoi les vernis deviennent brunâtres et opaques après quelques années d'application, pourquoi ils se gercent et deviennent pulvérulents. L'huile lithargirée ou manganésée est la cause première de leur altération. Nous avons dit, en parlant des huiles, que ces liquides jaunissent considérablement et deviennent friables, lorsqu'ils ont été traités par des oxydes ou des sels métalliques. Or les huiles qui servent à fabriquer les vernis gras sont toujours oxygénées énergiquement parce que l'on exige avant tout qu'un vernis sèche promptement. Les résines subissent une altération profonde par la fusion. En les examinant après le refroidissement, on s'aperçoit qu'elles ont perdu de leur éclat, de leur transparence et de leur cohésion. Les principes gras sont éliminés en majeure partie. Les vernis à l'essence se décomposent plus rapidement que les vernis gras, parce qu'ils fournissent un enduit peu compacte et plus perméable à l'air; la plupart d'entre eux peuvent être pulvérisés peu de temps après leur application. La coloration brunâtre, qui se produit après la dessiccation de la couche dépend en partie du dissolvant, mais de fait elle est occasionnée par la décomposition des matières résineuses sous l'influence de l'oxygène de l'air. Cette décomposition est également cause de l'opacité que les vernis contractent par le temps. Les crevasses sont dues au retrécissement de la couche, mais elles peuvent être provoquées par la nature des objets sur lesquels les vernis ont été appliquées. Les vernis très siccatifs sont en outre enclins à s'écailler. D'après ce qui précède, peut-on obtenir un avantage quelconque, au point de vue de la solidité, en mêlant des vernis aux couleurs à l'huile? En aucune manière. On y ajoute des résines altérées ou des gommes peu durables, des huiles appelées à devenir friables et à foncer les couleurs et de l'essence de térébenthine. Le seul effet que produisent, dans ce cas, les vernis, c'est de donner à l'artiste une satisfaction éphémère, en voyant ses couleurs sous un aspect plus brillant. Le résultat final est désastreux. En somme, il ne faut pas donner aux vernis dont nous venons de parler une autre destination que celle qui leur appartient, c'est-à-dire d'être appliqués en couche mince sur les peintures à l'huile en général, pour leur donner plus de relief et pour les préserver du contact de l'air. Cette affirmation contredit le résultat des expériences faites par Mérimée sur la

présence des vernis dans le corps même des peintures primitives, des Van Eyck et de leur école; mais à le lire attentivement, on reconnaîtra que le savant praticien parle essentiellement de vernis gras, de vernis huileux, c'est-à-dire d'huiles que les Van Eyck avaient su rendre siccatives.

Quant à la dessiccation des couleurs, elle est produite par la solidification des huiles qui servent à les préparer. Ces liquides absorbent l'oxygène de l'air en augmentant de poids et de volume. Rien n'est variable comme le phénomène de la dessiccation. Selon qu'une couleur aura été appliquée sur toile, bois, verre, métal ou autres supports, selon qu'elle aura été exposée à une lumière vive ou diffuse, selon qu'elle se sera trouvée dans un milieu sec ou humide, elle se solidifiera dans des proportions de temps différentes et qui ne sont pas à déterminer. Le grand air et la chaleur activent aussi la dessiccation. Celle-ci dépend encore de la propriété plus ou moins grande que possèdent les matières colorantes d'agir sur les huiles et d'accélérer ou de ralentir l'absorption de l'oxygène. Préparées avec une même huile, les diverses couleurs mettent un temps différent à sécher. En général, les oxydes métalliques, qui forment la plus grande partie des couleurs fixes, favorisent la dessiccation des huiles; au contraire, les couleurs animales ou végétales la retardent. L'oxydation, d'abord lente, se produit avec plus d'énergie lorsque l'huile se solidifie. C'est ce qui explique pourquoi une couleur sèche plus rapidement lorsqu'elle est appliquée en seconde couche. L'on peut admettre comme une loi que les couleurs qui absorbent l'oxygène lentement et d'une manière régulière offrent plus de solidité que celles qui sèchent promptement. Après quelques années, la couche paraîtra grasse et cornée dans le premier cas, terne et granuleuse dans le second. Il faut laisser à chaque couleur le temps qu'elle exige pour arriver au degré de siccité voulu, et l'emploi des siccatifs dans la peinture artistique est absolument inadmissible.

On donne le nom de *siccatifs* à des huiles traitées par des oxydants énergiques. Autrefois, on avait l'habitude de mêler directement aux couleurs lentes à sécher du sel de saturne (acétate de plomb). Cette détestable coutume s'est heureusement perdue. Lorsque la couche est sèche et qu'il n'y a plus d'absorption d'oxygène, les couleurs se durcissent, se pétrifient en quelque sorte, occasionnant un retrait. Si ce dernier a lieu d'une manière lente et régulière, il ne cause pas d'accidents, mais s'il est activé par des siccatifs, le rétrécissement inégal occasionne des crevasses. Nous ferons remarquer, en outre, que les parties craquelées dans les tableaux se trouvent principalement dans les noirs, les bruns, les laques, toutes couleurs séchant difficilement et laissant supposer la présence de siccatifs. Nous ne voyons d'ailleurs pas la nécessité de hâter le travail naturel de la solidification des couleurs. Cette hâte peut se rencontrer chez les peintres qui ne voient dans l'art qu'un objet de commerce et qui font des tableaux comme ils eussent fait des bottes; elle ne serait pas excusable chez le peintre qui a un sentiment élevé du but de l'art et la probité de son talent. Ne pas chercher tous les moyens possibles d'assurer la durée de son œuvre ou recourir aux procédés expéditifs, qui en facilitent l'exécution rapide aux dépens de la solidité, est une évidente tromperie sur la qualité de la marchandise vendue. Nous concevons que l'on exige qu'une porte, un parquet soient promptement secs, parce qu'on peut se trouver dans la nécessité de s'en servir tout de suite. Peu importe alors la solidité; au moyen de quelques frais, il est facile de faire renouveler le travail. Mais une œuvre d'art doit être durable et l'on ne saurait prendre assez de précautions pour en assurer la conservation. Dans ce but, nous engageons les artistes à bannir impitoyablement les siccatifs de leur palette.

L'essence de térébenthine agit d'une manière défavorable sur les huiles, dont elle détruit les qualités grasses. Une peinture dans laquelle l'essence a été employée à l'excès se reconnaît à sa maigreur et à son manque d'éclat. C'est une erreur de croire que l'essence ne nuit pas à la solidité. Nous rappellerons, comme exemple, que les peintures à l'huile et à l'essence ne résistent pas un été durant au grand air; au bout de ce temps, elles sont pulvérulentes. L'essence est utile, dans la peinture, à divers usages motivés par la propriété que possède ce liquide de dissoudre les corps gras et les huiles. L'essence fraîchement rectifiée est complètement incolore; elle possède une odeur franche et caractéristique, qui la fait aisément distinguer de l'essence commune. Nous ne pouvons que conseiller aux artistes d'être très modérés dans l'emploi de l'essence et surtout de ne pas s'en servir pour délayer les couleurs.

Il est indispensable de dégraisser les toiles et les panneaux au moment d'en faire usage, afin d'enlever la couche graisseuse qui s'est formée par l'huile exsudée de la préparation et par le contact prolongé de l'air. Cette précaution si élémentaire, trop souvent négligée par les artistes, est nécessaire pour obtenir l'adhérence parfaite des couleurs. En enlevant la couche graisseuse, on rend la préparation du support perméable; l'huile y pénètre et les couleurs se fixent. Lorsqu'il y a manque d'adhérence, la couche est exposée, dans certains cas, à se déplacer par le retrait et à se ratatiner, principalement lorsqu'on emploie des panneaux lisses et lorsqu'on a superposé plusieurs couches de couleurs séchant inégalement. Elle s'écaillera infailliblement lorsqu'elle sera complètement durcie. Un simple lavage à l'eau ou à l'essence ne suffit pas à nettoyer un support. Il faut employer l'eau savonnée et brosser dans tous les sens, au moyen d'une brosse dure, pendant quelques minutes; laver ensuite plusieurs fois à l'eau propre. Si le support est bien dégraissé, l'eau doit s'étaler uniformément à sa surface; mais s'il arrivait qu'elle se séparât à certaines places et formât des stries, dans ce cas il faudrait recommencer l'opération, essuyer avec un linge propre ou une peau de chamois et laisser sécher le panneau ou la toile pendant un jour. Avant d'attaquer la

peinture, il est bon d'humecter le support au moyen d'huile additionnée d'essence de térébenthine rectifiée, pour obtenir le plus d'affinité possible entre la couche nouvelle et la préparation. Lorsqu'on reprend un tableau ébauché ou qu'on veut corriger une œuvre achevée depuis un certain temps, il est également nécessaire d'enlever la couche graisseuse. A cette fin, nous conseillons l'emploi de la pomme de terre crue. Les principes légèrement acides de ce tubercule et la fécule qui s'en détache par le frottement dégraissent d'une manière très convenable et ne peuvent en aucun cas nuire aux couleurs. On lave ensuite à grande eau, on laisse sécher, puis on applique un frottis d'huile sur les parties à reprendre. Nous entendons par frottis une couche d'huile excessivement mince étendue au moyen de la brosse, de telle manière que la peinture soit simplement humectée. Les peintures faites grassement et d'un seul coup, c'est-à-dire sans fatiguer les couleurs, sont les plus solides et conservent le mieux leur fraîcheur. Elles s'émaillent avec le temps et sont à l'abri des accidents résultant de l'inégale dessiccation des couleurs superposées. En repeignant, en changeant sans cesse les nuances, celles-ci perdent de leur vivacité. Très souvent, si l'on a appliqué des couleurs claires sur d'autres plus foncées, ces dernières reparaissent pendant la dessiccation. Là ne se bornent pas les écueils d'une peinture fatiguée. On verra plus loin que la superposition de certaines couleurs séchant inégalement, entraîne des accidents fâcheux et que le contact de matières colorantes hétérogènes a pour effet d'altérer les nuances. Les peintures de longue haleine, celles où l'artiste superpose plusieurs couches, procède par glacis, sont plus sujettes à se détériorer que les peintures faites au premier coup, et réclament des soins attentifs. Dans ce cas, la meilleure marche à suivre consiste à appliquer une couche nouvelle ou un glacis, lorsque la couche précédente est encore « poisseuse », c'est-à-dire pendant l'intervalle compris entre le commencement de solidification et la solidification complète. Alors, la couche superposée ne se noie pas dans la première et ne s'emboit pas ; elle conserve, au contraire, sa pureté et son éclat ; de plus, les deux couches sont intimement jointes et font corps. Cette manière d'opérer est surtout avantageuse pour les couleurs transparentes et pour celles qui sèchent trop lentement, comme les laques de garance.

Si des circonstances particulières empêchent de procéder comme nous venons de l'indiquer, c'est-à-dire si l'on ne peut appliquer la couche nouvelle que lorsque celle qui est inférieure s'est complètement solidifiée, il est indispensable de faire d'avance un frottis d'huile. Si l'on néglige cette précaution, il y a manque d'adhérence, de plus, si la couche de fond n'est pas sèche au point de ne plus s'emboire, on court le risque de voir se former des gerçures, parfois le lendemain, parfois plusieurs jours après. Ces accidents ne résultent pas de la dessiccation, mais proviennent de ce que la première couche, trop molle et trop pénétrable, s'empare brusquement et inégalement de la portion liquide de celle qui lui est superposée ; alors, par le rétrécissement et le manque de cohésion, celle-ci se disjoint par places. Les crevasses qui se forment plusieurs mois, même plusieurs années après l'achèvement d'un tableau, lorsque les couleurs atteignent leur maximum de siccité, sont de nature toute différente. Elles dépendent principalement de l'inégale dessiccation des couches superposées ; de ce que la préparation du support n'était pas suffisamment durcie ; de la présence du bitume, des siccatifs, des vernis ou bien encore de la mauvaise qualité des huiles. Il faut strictement éviter de superposer une couleur prompte à sécher sur une autre qui ne sèche que lentement. Celle-ci, en effet, étant privée du contact direct de l'air, met un temps infiniment long à se durcir et le retrait inégal des deux couches occasionne des crevasses. En couvrant, au contraire, une couleur siccative d'une autre qui l'est moins, on ralentit la dessiccation de la première, le durcissement inégal des deux couleurs se trouvant ainsi équilibré, le retrait a lieu régulièrement et sans causer d'accidents. Il y a donc un véritable danger à ébaucher un tableau au moyen du bitume, de la terre de Cassel, des noirs, de la terre de Sienne brûlée. On emploiera de préférence des couleurs promptes à durcir, telles que le brun de Mars, le jaune de cadmium, le bleu d'outre-mer, le vert émeraude, le violet de cobalt et donnant la teinte désirée par un mélange avec le blanc d'argent, les ocres, le jaune de Mars et le violet de Mars. De ce qui précède, on conclura qu'il est sage de peindre l'ébauche maigrement, c'est-à-dire en n'empâtant point.

Les Van Eyck et, après eux jusqu'au XVI^e^ siècle, les maîtres ébauchaient leurs tableaux avec des couleurs à l'eau, au moyen d'un lavis d'une seule teinte qui facilitait les corrections puisqu'il suffisait d'un coup d'éponge pour faire disparaître les parties à refaire. Cette méthode fut suivie constamment par les chefs des écoles romaine et florentine, par le Perugin, Raphaël, Léonard de Vinci. Le Titien et le Corrège, au contraire, ébauchaient en pleine pâte.

Lorsqu'on dessine un tableau, il est au moins essentiel de tracer les contours le plus légèrement possible et d'enlever, au moyen de l'essence de térébenthine avant d'appliquer les couleurs, ceux qui sont inutiles. Le fusain est préférable à la mine de plomb, à la sanguine et à la craie noire, parce qu'il se laisse mieux enlever, qu'il n'agit pas sur les matières colorantes et qu'il n'empêche pas l'adhérence de la peinture. Nous ne saurions assez recommander aux artistes la plus grande propreté en ce qui concerne leurs brosses, leur palette, leur pincelier. Le bon entretien de ces ustensiles contribue dans bien des cas à garantir la pureté des couleurs claires d'un tableau. Quand on peint sur des panneaux non préparés, il suffit de laver ces panneaux proprement à l'essence de térébenthine rectifiée, — l'eau pouvant faire travailler le bois, — et de les enduire ensuite d'une mince couche d'huile qu'on laisse bien pénétrer. Cette dernière opération peut se faire en une fois ou par parties, selon le sujet du tableau ; elle est

utile pour favoriser l'adhérence et pour empêcher les couleurs de s'emboire outre mesure.

Il est d'une nécessité absolue de peindre à l'huile et à la céruse l'envers des supports non préparés ou mieux d'y faire appliquer au tampon une couche de gomme-laque, les couleurs étant directement exposées aux atteintes de l'humidité dont le bois pourrait s'imprégner.

Le vernissage des tableaux ne doit pas être fait prématurément. Deux raisons fondées s'y opposent: si les couleurs ne sont pas suffisamment sèches, le vernis fait corps avec elles et, plus tard, ne peut être que partiellement enlevé; dans le même cas, les crevasses qui s'y forment entament inévitablement la peinture. Ces crevasses sont alors occasionnées parce que, la couche de vernis se durcissant rapidement, ne conserve pas l'élasticité voulue pour suivre l'augmentation de volume ou le retrait des couleurs. Si l'on considére la différence d'épaisseur des couches, l'inégal durcissement des couleurs, les conditions si variables de la température, on conçoit qu'il est difficile, pour ne pas dire impossible, de préciser l'espace de temps après lequel un tableau peut être verni sans danger. Nous ne voulons donc pas nous prononcer à ce sujet, mais nous conseillons aux possesseurs d'œuvres précieuses peintes récemment de prendre l'avis des hommes compétents et expérimentés avant de procéder au vernissage.

A raison du caractère concis de ce travail, nous avons renoncé à l'idée de faire l'historique des couleurs d'art et de donner leur composition d'une manière étendue. Nous nous bornerons à indiquer quelles sont les matières minérales ou autres qui servent de base aux couleurs fixes. Nous parlerons spécialement de ces dernières. Nous signalerons, autant qu'il nous sera possible, les couleurs impropres à la peinture artistique, soit à cause de leur peu de solidité, soit à cause du mauvais résultat produit par leur mélange. Nous ne prétendons pas définir, d'une manière absolue, la catégorie des couleurs fixes, car plusieurs bonnes couleurs peuvent nous être inconnues encore (1), mais nous croyons utile d'énumérer, dès à présent, une série de couleurs dont la stabilité parfaite nous est garantie par une expérience sérieuse et concluante, faite il y a bientôt trente-six ans. M. Joseph Laurent Dyckmans a eu, en octobre 1847, l'idée d'appliquer des échantillons des principales couleurs connues alors sur deux panneaux. Ces couleurs étaient broyées à l'huile. Il a posé d'abord chaque couleur à l'état pur, puis en mélange avec du blanc de plomb, de manière à obtenir une dégradation de nuances d'une même valeur de ton. L'un de ces panneaux a été constamment exposé à un jour vif, et même pendant plusieurs années à l'air et au soleil; l'autre a été privé de lumière pendant ce long espace de temps. La disposition ingénieuse des couleurs fait voir d'emblée quelles sont celles qui ont été altérées.

(1) L'examen et l'expérimentation des matières colorantes sont fort compliqués. Afin de pouvoir juger efficacement de leurs propriétés, il est indispensable de les avoir pures et bien fabriquées, ce qui est très difficile.

Voici la liste des différentes couleurs expérimentées par M. J. Dyckmans, en 1847.

Bistre, bitume, bleu de cobalt en diverses nuances, bleu de Prusse, bleu d'outremer, brown pink, brun de fer, brun d'ivoire, brun Van Dyck, carmin de cochenille, carmin fixe de garance, cinabre, crimson lake, écarlate de Mars, jaune d'antimoine, jaune de cadmium en diverses nuances, jaune de Mars, jaune de soufre, jaune de Naples ordinaire, jaune de Naples de Rome, laques brunes, laques de garance roses et rouges, laques de Robert (les numéros 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7), laques de Smyrne roses et pourpres, lemon yellow, momie, ocres naturelles, ocres brûlées, orangé de Mars, outremer vert, patent yellow, rouge anglais, rouge de Mars, rouge de Naples, rouge de Saturne, rouge indien, rouge Van Dyck, terre de Cassel, terre d'Italie, terre de Sienne naturelle et brûlée, terre verte naturelle et brûlée, vert de cobalt, vert émeraude, vert malachite, vermillon (plusieurs échantillons différents), vert Véronèse, violet de Mars. En tout, cent cinquante échantillons de couleurs pures et les mêmes mélangées avec du blanc de plomb.

DES COULEURS FIXES.

Nous entendons par *couleur fixe* celle qui ne perd pas sa nuance au contact de l'air et de la lumière et qui ne fonce pas.

Les métaux, sous forme d'oxydes et de sels métalliques décomposés et calcinés, fournissent la majeure partie des couleurs fixes. Les couleurs provenant des végétaux offrent peu de solidité; les laques de garance non calcinées, ainsi que les corps ligneux carbonisés, font cependant exception à cette règle. Parmi les couleurs tirées du règne animal, le noir d'ivoire est la seule que nous nommerons ici. En général, les couleurs calcinées à une haute température acquièrent, par ce fait, une solidité plus grande. Le fer, le plus utile de tous les métaux, compose une variété de couleurs remarquables par leur fixité et leur beauté. Son oxyde colore les ocres et leurs congénères, le rouge de Venise, la terre d'Italie, la terre de Sienne. C'est encore le fer qui forme la base de ces intéressants produits connus sous le nom de « couleurs de Mars » dont nous parlerons plus loin. Le plomb nous fournit le blanc si pur et si éclatant nommé improprement « blanc d'argent. » Enfin le cadmium, le chrome, le cobalt, le mercure donnent respectivement ces belles couleurs jaunes, vertes, bleues, violettes et rouges, appelées jaune de cadmium, vert émeraude, bleu Thénard ou de cobalt, violet de cobalt, vermillon. L'arsenic, le soufre, la silice, l'alumine entrent souvent dans la composition des couleurs fixes. Parmi celles que l'on trouve à l'état naturel, nous citerons les ocres, le rouge de Venise, la terre de Cassel, la terre d'Italie, la terre de Sienne, le bleu de lapis-lazuli (outremer vrai), abandonné depuis la découverte célèbre de Guimet.

Toute couleur qui s'altère au contact de l'air et de la lumière doit être rejetée par l'artiste consciencieux. Pour qu'une couleur puisse servir utilement à la peinture qui nous occupe, il faut

qu'elle possède une stabilité parfaite; à cette fin elle doit être préparée dans les conditions voulues et être exempte de fraude. La fabrication des couleurs exige des connaissances spéciales et constitue une des parties les plus délicates de la chimie industrielle. Les bonnes couleurs réclament des soins minutieux; c'est par l'emploi des matières premières pures que l'on peut obtenir le plus haut degré de finesse et d'intensité dans la nuance. On reconnaît aisément une couleur faite avec soin d'une autre mal fabriquée ou sophistiquée. Dans le premier cas, elle a de l'éclat et du feu; dans le second, elle paraît terne et sa nuance n'est pas nettement caractérisée. Les couleurs artificielles doivent être purifiées par des lavages répétés jusqu'au point où les dernières eaux n'accusent plus de réaction acide ni alcaline au contact du tournesol. Cette précaution essentielle est surtout requise pour les couleurs préparées par voie humide, et qui n'ont pas été calcinées. Les couleurs naturelles sont purifiées par lévigation. Ce traitement élimine la plus grande partie des corps étrangers qu'elles renferment, et leur communique plus de finesse et une solidité plus grande. Les couleurs faites par voie humide et par précipitation joignent à une grande pureté la propriété d'être atomiquement divisées — avantage précieux dans les mélanges. Comme il est impossible aux artistes de vérifier si les couleurs qu'ils emploient sont pures, il faut qu'ils s'en rapportent à la bonne foi du marchand. L'habitude leur apprendra néanmoins à connaître une couleur par sa nuance propre, mieux encore par le ton qu'elle donne lorsqu'elle est mélangée au blanc d'argent. Nous leur conseillons de se méfier des couleurs dont la fixité n'est pas reconnue, quelque belles qu'elles puissent être, et de les éprouver scrupuleusement avant d'en faire usage. A cet effet, la méthode à suivre est celle de M. Dyckmans, c'est-à-dire d'appliquer sur panneau la couleur que l'on veut expérimenter et de la soumettre à la lumière vive pendant un espace de temps prolongé. On mettra d'abord un échantillon de la couleur pure, puis plusieurs autres en mélange avec du blanc d'argent, en dégradant chaque fois la nuance jusqu'au point d'arriver aux demi-teintes claires. Celles-ci permettent de constater dans un espace de temps assez court si la couleur perd sa nuance, si elle monte de ton ou si elle exerce une action nuisible sur le blanc. Pour pouvoir juger sérieusement de la stabilité d'une couleur, il faut qu'elle ait subi l'épreuve pendant au moins un an.

Nous terminerons ce chapitre en citant un passage de la *Chimie des couleurs* de M. Lefort. Le juste raisonnement de cet auteur n'échappera pas à nos lecteurs. «De l'avis des historiens et des chimistes, les peintres de l'antiquité n'employaient qu'un petit nombre de couleurs appartenant, pour la plupart, au règne minéral et d'une fixité parfaitement reconnue, parce qu'ils les préparaient eux-mêmes. Mais les travaux incessants de nos chimistes modernes ont fait découvrir depuis une foule de combinaisons diversement colorées que l'industrie fait servir d'une manière plus ou moins heureuse à la peinture en général. De là cette profusion de substances existant actuellement dans le commerce sous des noms qui n'indiquent pas ordinairement la véritable composition chimique. Toutes les recherches qui ont pour but de remplacer une couleur peu solide et d'une nuance désavantageuse par une autre plus fine et plus belle, ne peuvent qu'être bien accueillies par les artistes. Malheureusement il n'en est pas toujours ainsi. Ce que le fabricant actuel recherche avant tout, c'est de livrer au commerce des produits d'une teinte aussi belle que possible et au prix le moins élevé, sans s'inquiéter s'ils présentent une solidité plus grande» disons même *suffisante*. «Un pareil résultat ne peut avoir que des conséquences désastreuses pour l'avenir. Il est fort à croire en effet que, composées de semblables couleurs, ces belles toiles qui font maintenant notre admiration perdront dans un temps plus ou moins éloigné ces tons riches que l'artiste a reproduits avec tant de fidélité, et que l'on retrouve encore dans les tableaux des anciens maîtres.»

Donnons donc la série des couleurs fixes qui qui peuvent être employées en toute sécurité: blanc d'argent, rouge anglais, rouge de Mars, rouge de Venise, rouge indien, carmin fixe de garance, laques de garance roses et rouges non calcinées, terre de Sienne brûlée, orangé de Mars, orangé et jaunes de cadmium, jaune de Mars, terre d'Italie, vert émeraude, bleu de cobalt, outremer vrai (lazulite), outremer de Guimet, violet de cobalt, violet de Mars, ocre brune, brun de Mars, terre de Cassel, noir de vigne, noir d'ivoire; — et, en indiquant rapidement leur composition, faisons suivre chaque terme de cette nomenclature de quelques remarques essentielles.

Blanc d'argent. Carbonate de plomb pur, obtenu par voie humide, par la double décomposition d'un sel de plomb et d'un carbonate alcalin. La couleur qui joue le rôle le plus important dans la peinture est sans contredit le blanc. Divers produits ont été proposés par les chimistes comme couleurs blanches (1); mais le carbonate de plomb a toujours été préféré, parce qu'à une grande solidité il unit les qualités que n'ont pas les autres blancs. Il forme avec l'huile des combinaisons qui contribuent à en augmenter la solidité. Les expériences faites par M. Blockx lui ont prouvé que pour la peinture artistique le carbonate de plomb pur ou blanc d'argent est indispensable. Les céruses ordinaires ne sont pas d'un blanc assez vif; la plupart du temps elles sont sophistiquées, parfois même elles sont acides, ce qui nuit évidemment aux couleurs et aux huiles. Fabriqué dans de bonnes conditions et suffisamment lavé, le blanc d'argent n'agit pas d'une manière sensible sur les couleurs fixes; il est aussi opaque que les meilleures céruses et couvre parfaitement. On le re-

(1) Le blanc de neige (oxyde de zinc) entre autres. M. Blockx dit : « Nous avons minutieusement éprouvé ce produit qui a pour avantage de ne pas noircir au contact des émanations sulfuriques, de ne pas former avec les huiles des combinaisons qui tendent à les faire jaunir après la solidification, enfin de ne pas être vénéneux comme le carbonate de plomb. Mais à ces qualités qui rendent le blanc de zinc si utile à la peinture artistique, se joint un défaut capital qui en défend l'emploi. Ce défaut consiste en ce que l'oxyde de zinc crevasse surtout en seconde couche; il devient excessivement cassant et partant il est fort sujet à s'écailler. »

connaît à l'éclat de sa blancheur et à sa finesse atomique. Broyé à l'huile il forme une pâte qui ne doit pas avoir le moindre grain et qui ne peut révéler la moindre acidité à l'odorat.

Rouge anglais. Sesquioxyde de fer.

Rouge de Mars. Sesquioxyde de fer et alumine. Ces deux produits se valent comme solidité ; leur teinte peut varier notablement par la calcination. Mélangé avec le blanc d'argent, le rouge de Mars donne une nuance plus fine que le rouge anglais. Tous deux possèdent un pouvoir colorant très grand.

Rouge de Venise. Couleur naturelle colorée par le fer, comme les ocres, et ayant subi un traitement particulier. En mélange avec le blanc d'argent, le beau rouge de Venise donne des tons très fins et d'une solidité parfaite.

Rouge indien. Ocre ou terre colorée par le fer. Belle et solide couleur qui s'allie bien au blanc d'argent.

Carmin fixe de garance. Laques de garance roses et rouges non calcinées. Les laques de garance sont composées d'alumine et du principe colorant de la racine de garance ou alizarine ; elles se préparent par voie humide. La nuance des laques de garance naturelle, c'est-à-dire non calcinée, varie depuis le rose pâle jusqu'au rouge sang intense ; les unes sont plus pourprées que les autres, suivant le mode de fabrication et la qualité des racines de garance employées. Ces couleurs ont le défaut de sécher trop lentement ; plus que les autres elles tendent à se crevasser lorsqu'on y mêle des siccatifs, surtout quand on les applique en glacis. Sur le panneau de M. Dyckmans, il y a une douzaine de laques de garance roses et rouges différentes. De ce nombre, deux seulement ont bien conservé leur nuance à l'état pur et en mélange avec du blanc de plomb. C'est la laque rouge cristallisée qui a le mieux résisté. Un échantillon de laque de Smyrne pourpre et un autre de carmin fixe de garance ont bien tenu à l'état pur, mais la teinte de leur mélange avec le blanc est très altérée. Il est à remarquer que les laques de garance foncées ainsi que le carmin fixe de garance ne gardent pas leurs nuances lorsqu'elles sont alliées au blanc. En résumé, les bonnes laques de garance peuvent servir utilement, leur emploi est d'ailleurs indispensable pour certains genres de peinture ; leur solidité est à toute épreuve.

Terre de Sienne brûlée. Terre argileuse colorée par le fer et calcinée. Sa nuance varie suivant le degré de chaleur atteint pendant la calcination. Cette couleur est certainement une des plus solides. Elle s'émaille avec le temps et donne des nuances très stables avec le blanc d'argent.

Ecarlate de Mars. Orangé de Mars. Oxydes de fer et d'alumine, provenant du produit primitif calciné, le jaune de Mars. Comme toutes les couleurs de Mars, elles possèdent une grande fixité et donnent des nuances d'une grande finesse avec le blanc d'argent.

Orangé de cadmium, jaunes de cadmium, sulfures de cadmium. Les plus beaux jaunes de cadmium s'obtiennent au moyen de la précipitation d'un sel de cadmium par l'hydrogène sulfuré. Ceux qui sont faits par la calcination d'un mélange de soufre et d'oxyde de cadmium ne possèdent pas une teinte aussi belle ; ils paraissent plus terreux et ne sont pas aussi finement divisés. Certains auteurs prétendent que le jaune de cadmium décompose le blanc de plomb et le noircit. Ce phénomène s'observe en effet quand on mêle les deux substances à l'état humide ou même à l'état sec. Mais lorsqu'elles sont broyées à l'huile, leur mélange ne provoque aucune réaction appréciable. Les nombreux échantillons de mélange de cadmium et de carbonate de plomb qui se trouvent sur les panneaux de M. Dyckmans ont conservé après trente-six ans une pureté parfaite. Il faut donc admettre que l'interposition de l'huile entre les molécules de sulfure de cadmium et de carbonate de plomb suffit à les isoler entre elles.

Jaune de Mars. Oxyde de fer hydraté et alumine. Le jaune de Mars est la couleur primitive que l'on obtient en précipitant une solution de sulfate de fer et d'alun par le carbonate de potasse. Calciné à des degrés de chaleur différents, il donne l'écarlate, l'orangé, le rouge, le brun, le violet. Toutes les couleurs de Mars se distinguent par une solidité à toute épreuve. Elles ont l'avantage de ne pas monter de ton comme les ocres. Elles se marient parfaitement avec le blanc de plomb et leur état de division extrême permet d'obtenir des nuances d'une finesse très grande. Sur le panneau expérimental de M. J. Dyckmans, les couleurs de Mars et leurs mélanges avec le blanc possèdent une pureté, une fraîcheur vraiment remarquables. Malheureusement ces bonnes couleurs se trouvent rarement bien préparées dans le commerce ; leur fabrication difficile et délicate exige de grands soins. Leur prix élevé fait qu'on y mêle souvent des substances moins chères, telles que les ocres qui nuisent à leur beauté et à leur fixité.

Terre d'Italie. Hydrate de sesquioxyde de fer, alumine, silice. Il existe plusieurs terres ou ocres connues sous ce nom. La bonne couleur est assez rare ; elle est transparente et d'un beau jaune brun doré. Son mélange avec le blanc d'argent donne des tons très purs et très stables.

Des échantillons de terre d'Italie de provenance anglaise, se trouvent sur le panneau sus-mentionné, et n'ont subi aucune altération.

Vert émeraude. Oxyde de chrome. Le plus beau s'obtient par la calcination d'un mélange de bichromate de potasse et d'acide borique. Cette superbe couleur est d'une fixité telle qu'en comparant les échantillons des deux panneaux de M. Dyckmans la différence n'est pas appréciable. Les mélanges de vert émeraude et de blanc de plomb qui ont été exposés au soleil ont conservé une grande fraîcheur ; ils ont même acquis une finesse de nuances plus grande que ceux qui ont été privés de lumière. Nous n'hésitons pas à désigner le vert émeraude comme la seule couleur verte admissible dans la peinture qui nous occupe

Bleu de cobalt (bleu Thénard). Sous-phosphate de cobalt. Couleur très solide et qui se mélange bien avec le blanc d'argent. Il en existe plusieurs nuances dans le commerce ; les plus foncées sont les plus stables.

Outremer. L'outremer vrai, provenant du lapis-lazuli est certainement une couleur solide; mais son prix élevé l'a fait abandonner pour ainsi dire complètement.

Outremer de Guimet. Guimet, de Lyon, a découvert le premier, en 1827, le moyen de faire artificiellement un outremer dont la beauté égale celle du bleu de lapis. Son procédé est tenu secret. Le bleu surfin de Guimet est le plus propre à la peinture de chevalet. Il est d'une nuance très riche, se marie bien avec le blanc d'argent et possède une solidité à toute épreuve. L'outremer ordinaire est composé d'alumine, de carbonate de soude et de soufre.

Violet de cobalt. Arséniate de cobalt. Les expériences de M. Blockx lui ont prouvé que cette belle couleur, peu répandue encore, est d'une grande fixité. Par son mélange avec le blanc d'argent l'on obtient des nuances dont la finesse ne s'altère pas.

Violet de Mars et brun de Mars. Mêmes qualités que les autres couleurs de ce nom.

Terre de Cassel. Lignite ou bois décomposé. Couleur d'un beau brun foncé, très transparente, très solide à l'état pur, ou mélangée avec les bruns, les noirs, les laques. Lorsque la terre de Cassel est alliée au blanc d'argent, elle se décolore.

Noir de vigne. Sarments calcinés.

Noir d'ivoire. Ivoire calciné.

Ces deux noirs sont également fixes; leur nuance diffère sensiblement, tant à l'état pur qu'en mélange avec le blanc d'argent.

Outre les couleurs que nous venons de décrire, il y en a quelques-unes encore qui peuvent être employées sans danger, mais dans des conditions de pureté à déterminer; d'autres, comme le vermillon, doivent être évitées dans les mélanges. Nous en faisons l'objet d'un paragraphe spécial pour attirer plus particulièrement l'attention du lecteur.

Vermillon. Sulfure de mercure. Lorsque cette couleur est préparée dans la perfection, et qu'elle a été appliquée en connaissance de cause, elle conserve en partie la vivacité de sa nuance; on la trouve rarement bonne et la plupart des vermillons du commerce s'altèrent rapidement. La Chine produit le vermillon le plus beau. On sait de source certaine que ce pays n'exporte pas le vermillon de qualité supérieure. L'Allemagne et l'Angleterre nous envoient des vermillons parfois très bons. Parmi les échantillons de cette couleur qui se trouvent sur le panneau de M. Dyckmans, un seul d'origine allemande s'est bien conservé. Tous les autres ont noirci.

Rouge Van Dyck. Oxyde de fer. Cette couleur s'obtient par la calcination du sulfate de fer à un degré déterminé; elle possède une grande fixité. Souvent on la fabrique au moyen d'ocres brûlées, c'est pourquoi nous conseillons de préférer le rouge de Mars.

Jaune de Naples. Certains auteurs disent que le jaune de Naples véritable s'extrait des laves du Vésuve. D'autres affirment que c'est à Naples que cette couleur a été fabriquée en premier lieu par la calcination d'un mélange de carbonate de plomb, d'antimoine diaphorétique, d'alun et de sel ammoniac. Sans nous rallier définitivement à l'une de ces deux opinions, nous pouvons dire qu'il existe à Naples un jaune très fixe et d'une nuance inimitable, préparé probablement d'après un procédé particulier. M. Blockx a expérimenté un jaune de Naples de provenance directe différant essentiellement des autres sous le rapport de la nuance. Cette couleur a conservé après deux ans d'épreuve une pureté remarquable. Les échantillons de jaune, reçus depuis lors de Naples, ont paru analogues comme composition à ceux fabriqués dans d'autres pays. Les produits si variés que l'on trouve aujourd'hui dans le commerce sous les noms de *jaune d'outremer* et de *jaune de Naples* laissent beaucoup à désirer; en général, ils se ternissent en peu de temps. On devra donc les éprouver avant d'en faire emploi. Le jaune de Naples s'altère au contact du fer; il ne faut, conséquemment, pas l'allier aux couleurs provenant de ce métal ni l'appliquer au moyen du couteau à palette. Cette couleur jouit d'une réputation outrée et ne mérite pas, à notre avis, l'importance que beaucoup d'artistes y attachent. Ne pouvant être mêlé qu'à un petit nombre de couleurs, il n'offre pas d'utilité réelle : un mélange de terre d'Italie, de vert émeraude et de blanc d'argent fournit nne teinte analogue qui ne s'altère point.

Ocre jaune. Terre argileuse colorée par l'oxyde de fer. L'ocre jaune est une couleur des plus solides; elle doit être rangée parmi les couleurs fixes. Cependant, pour servir utilement à la peinture artistique, il faut qu'elle ait été convenablement purifiée par lévigation, sinon elle monte de ton pendant des années.

Ocre d'or, ocre brune. Même observation que pour l'ocre jaune.

Ocres brûlées. La solidité des ocres brûlées est généralement très grande. Leur stabilité dépend de leur épuration. Leur teinte n'est jamais aussi belle que celle des couleurs de Mars et elles ne produisent pas la même finesse de nuance, lorsqu'elles sont mélangées avec le blanc d'argent.

Brun Van Dyck, brun de fer. Obtenus par une calcination spéciale du sulfate de fer. Comme le rouge Van Dyck, on les fabrique souvent d'ocres ou de terres. Il vaut donc mieux employer le brun de Mars qui leur est supérieur à tous égards.

Noir de pêcher, noir de liège. Noyaux de pêche carbonisés. Ecorce du chêne liège carbonisée. La solidité de ces deux substances est assez grande pour qu'il soit permis de les ranger parmi les couleurs propres à la peinture artistique.

Considérant qu'il serait oiseux de nous étendre longuement au sujet des couleurs impropres à la peinture artistique, nous nous bornerons à signaler celles dont l'usage est le plus répandu. Nous dirons cependant en substance que nous comprenons dans la catégorie des matières colorantes dont nous déconseillons l'emploi, aussi bien celles qui montent de ton d'une manière trop considérable ou qui noircissent, que celles qui se décolorent ou qui réagissent sur certaines autres en les décomposant. En un mot, nous rejetons toute

couleur qui ne possède pas les qualités requises pour assurer à la peinture artistique une stabilité complète. Nous croyons devoir consacrer ici un paragraphe spécial au bitume qui est bien, comme couleur, la plus mauvaise matière qu'il soit possible d'imaginer. La momie d'Egypte a des défauts analogues à ceux du bitume. Le bitume agit sur le blanc, les laques de garance et, en général, sur toutes les couleurs de nuance claire qui lui sont superposées, comme le ferait le goudron, c'est-à-dire que sa partie huileuse les pénètre et leur communique, par le temps, une teinte brunâtre. Le bitume ne durcit jamais ; une chaleur peu élevée le ramollit. Lorsqu'on y mêle des siccatifs, il occasionne des crevasses qui augmentent pendant des années jusqu'au point d'atteindre plusieurs millimètres de largeur. Nous souhaitons à ceux de nos lecteurs qui se servent de cette substance si pernicieuse d'en perdre jusqu'au souvenir.

Voici la liste des couleurs impropres à la peinture artistique : blanc de neige, carmin de cochenille, laques carminées, laques de garance calcinées, jaunes de chrome, laque de gaude, stil de grain, jaune indien, jaune de zinc, jaune d'antimoine, terre de Sienne naturelle, terre verte ou de Vérone, ocres vertes, vert de Paris, vert de Scheele, vert de Schweinfurt, cinabre vert, laques vertes, vert malachite, vert de cobalt, bleu minéral, bleu de Prusse, laques violettes, terre d'ombre, bitume, momie d'Égypte, brun d'ivoire. Une foule d'autres couleurs complèteraient cette liste, mais comme on les prépare rarement à l'huile, nous croyons ne pas devoir en faire mentien.

Du mélange des couleurs. Le changement de nuances que l'on obtient au moment d'allier deux ou plusieurs couleurs est un phénomène purement physique. On sait que les corps n'ont pas de couleur propre ; suivant leur nature, ils possèdent le pouvoir plus ou moins grand de décomposer la lumière blanche et de réfléchir une des sept lumières ou couleurs simples dont celle-ci est formée. Ainsi en mélangeant du sulfure de cadmium clair et une laque de garance claire, ce sont les deux lumières simples, jaune et rouge, que ces substances réfléchissent respectivement, qui, par leur réunion, donnent naissance à l'orangé. Par le mélange des couleurs, il n'y a pas de combinaison, les molécules des matières colorantes sont simplement mises en contact. L'air et la lumière sont des agents capables d'altérer profondément la nature des corps, d'en modifier la composition et partant la couleur. On comprend dès lors qu'en mêlant des couleurs peu fixes entre elles ou même une couleur fixe avec une autre qui ne l'est pas, la nuance obtenue possèdera peu de stabilité. Les couleurs de nature différente peuvent encore réagir entre elles par le contact prolongé, se décomposer à la longue et changer de nuance. Il suit de là qu'il est rationnel de mélanger des couleurs homogènes. Ainsi les ocres et les terres naturelles ou brûlées, les couleurs de Mars, en un mot tous les dérivés du fer que nous avons rangé parmi les couleurs fixes peuvent être alliés sans danger. Les couleurs rendues inertes par une calcination élevée peuvent encore être mélangées entre elles et à celles que nous venons de nommer. Telles sont le vert émeraude, le bleu de cobalt, l'outremer, les noirs de vigne, de pêches, de liège et d'ivoire. Enfin d'autres couleurs encore ne provenant pas des métaux n'exercent aucune influence nuisible ; de ce nombre sont le carmin fixe de garance, les laques de garance roses et rouges et la terre de Cassel. Parmi les couleurs que l'on doit soigneusement éviter dans les mélanges, nous nommerons spécialement le vermillon et le jaune de Naples. Le premier ne peut pas être allié au blanc d'argent qu'il décompose et qu'il noircit, ni aux couleurs provenant des métaux. Le second peut être uni au blanc d'argent, mais il ne doit pas être mis en contact avec les oxydes de fer, ni avec les autres composés de ce métal.

Récapitulation. A. *Série de couleurs fixes, qui peuvent être mélangées au blanc d'argent* : rouge anglais, rouge de Mars, rouge de Venise, rouge indien, laques de garance roses et rouges non calcinées, terre de Sienne brûlée, orangé de Mars, orangé et jaunes de cadmium, ocre jaune, jaune de Mars, terre d'Italie, vert émeraude, bleu de cobalt, bleu d'outremer, violet de cobalt, violet de Mars, ocre brune, brun de Mars, noir d'ivoire, noir de vigne.

B. *Série de couleurs fixes de même nature qui peuvent être mélangées entre elles*, sans aucun danger : rouge anglais, rouge de Mars, rouge de Venise, rouge indien, terre de Sienne brûlée, orangé de Mars, ocre jaune, jaune de Mars, terre d'Italie, violet de Mars, ocre brune, brun de Mars, et, en général, toutes les ocres naturelles ou calcinées pourvu qu'elles soient convenablement purifiées.

C. *Série de couleurs fixes de nature différente, dont le mélange ne s'altère pas* d'une manière appréciable : rouge anglais, rouge de Mars, rouge de Venise, rouge indien, terre de Sienne brûlée, orangé de Mars, orangé de cadmium, jaunes de cadmium, terre d'Italie, vert émeraude, bleu de cobalt, bleu d'outremer de Guimet, violet de Mars, brun de Mars, terre de Cassel, noir d'ivoire, noir de vigne.

D. *Couleurs donnant les mélanges les plus avantageux* au point de vue de la solidité, pour remplacer certaines nuances qui manquent parmi les couleurs fixes : les jaunes de cadmium de diverses nuances, unis au vert émeraude, donnent le vert-pré intense, le vert-pomme et le vert-olive. Les jaunes de cadmium unis aux laques de garance donnent l'orangé en divers tons. La terre de Cassel additionnée de carmin fixe de garance ou de laque de garance foncée approche sensiblement de la nuance de bitume. Le vert émeraude uni au blanc d'argent remplace avantageusement le vert malachite, qui contracte une nuance olivâtre par le temps. Enfin le vermillon uni aux laques de garance donne des nuances stables et d'une grande utilité pour la peinture des fleurs.

E. *Série de couleurs fixes qui conservent le mieux la finesse de la nuance*, obtenue par leur mélange avec le blanc d'argent : rouge de Mars,

rouge de Venise, laques de garance roses et rouges claires *non* calcinées, orangé de Mars, jaunes de cadmium, jaune de Mars, terre d'Italie, vert émeraude, bleu de cobalt, bleu d'outremer de Guimet, violet de Mars, violet de cobalt, brun de Mars, noir de vigne.

F. *Couleurs qui tendent à se décolorer* lorsqu'elles sont unies au blanc d'argent : laques de garance foncées, carmin fixe de garance, terre de Cassel.

G. *Couleur qui noircit* le blanc d'argent : vermillon.

H. *Couleur qui s'altère* lorsqu'elle est mélangée aux composés provenant du fer : jaune de Naples.

Nous ne pouvons, au terme de ce travail, nous dispenser de parler des couleurs et véhicules des anciens et des causes qui ont contribué à conserver leur peinture. Ecartant le mystère dont on se plait à entourer la peinture ancienne sous le rapport des couleurs, nous établirons logiquement que les gothiques n'avaient pas de couleurs supérieures aux nôtres, que le règne minéral ne leur fournissait pas d'autres matières colorantes que celles que nous employons aujourd'hui ; enfin que la chimie a découvert plusieurs couleurs fixes de première utilité qui leur faisaient défaut. N'est-il pas juste d'admettre que si les peintres anciens ont été sobres de couleurs, c'est plutôt par nécessité que pour toute autre raison ? Il est notoire qu'à l'époque des Van Eyck, des Quentin-Metsys, des Memling, la chimie n'était pas née, ou que tout au moins elle en était à l'enfance ; dès lors, la fabrication des couleurs artificielles devait, pour ainsi dire, être nulle. A quelques exceptions près, les anciens n'avaient donc pas d'autres matières colorantes que celles qui leur étaient données par la nature et dont l'emploi remonte à la plus haute antiquité. Les relations que certains auteurs anciens nous ont léguées, les recherches des Davy et des Chaptal nous apprennent en effet que l'emploi des oxydes métalliques naturels, des ocres et des terres, soit à l'état naturel, soit modifiées par la calcination, date du temps des Egyptiens, des Grecs et des Romains. Les savants chimistes que nous venons de nommer ont fait l'analyse de certaines couleurs trouvées dans les ruines, à Rome et à Pompéi. Cette analyse a démontré que les ocres et les terres, le vermillon, les oxydes de plomb, le bleu de lapis, des bleus et des verts de cuivre, des noirs provenant de matières animales ou végétales carbonisées étaient connues des peintres de l'antiquité. La fabrication des laques ne devait même pas leur être étrangère.

D'après ce système, voici le relevé des principales couleurs employées par les anciens maîtres :

Naturelles. Ocres et terres jaunes à l'état naturel ou modifiées par la calcination, ocres et terres brunes à l'état naturel ou modifiées par la calcination, orpin, vermillon, malachite, terre verte de Vérone, vert de cuivre natif, lapis lazuli, azurite ou bleu de montagne.

Artificielles. Blanc, jaune et rouge de plomb, laques de garance, verts à base de cuivre, noirs provenant de matières animales ou végétales carbonisées.

Voici celles de ces couleurs que l'on retrouve en étudiant les tableaux du XV^e^ et du XVI^e^ siècle, qui se trouvent dans les musées d'Anvers et de Bruxelles :

Naturelles. Ocres ou terres jannes, les mêmes calcinées (rouges, orangées, violacées), ocres et terres brunes, terre de Cassel, vermillon, bleu de lapis-lazuli.

Artificielles. Blanc de plomb, laques de garance foncées en diverses nuances, noirs provenant de matières végétales carbonisées.

Couleurs dont la présence est supposée :

Naturelles. Terre verte de Vérone, azurite ou bleu de montagne.

Artificielles. Jaune et rouge de plomb, verts à base de cuivre. M. Blockx n'a trouvé aucun indice capable de nous faire connaître la nature de ces deux couleurs, mais tout fait supposer que le jaune vif des anciens avait le plomb pour base. Quant au vert de nuance uniforme que l'on retrouve sur le plus grand nombre des tableaux gothiques, il est impossible d'en déterminer positivement l'origine ou la composition. D'après les études faites antérieurement par les chimistes, et à raison de la teinte olivâtre qui s'est indubitablement produite par le temps et qui caractérise le vert des anciens, on est fondé à croire que ceux-ci ont employé un carbonate de cuivre natif ou artificiel ; le vert-de-gris (acétate de cuivre) aurait totalement noirci. Il est à remarquer, par rapprochement, que les verts des peintures égyptiennes étaient tous de couleur olivâtre et que les chimistes y ont reconnu des composés de *cuivre*. (V. ce mot).

L'auteur du précieux travail que nous venons d'analyser n'a pas découvert d'autres nuances caractéristiques sur les tableaux anciens qu'il lui a été donné d'examiner, mais il a constaté que les gothiques n'ont pas fait usage de bitume. Il présume que les teintes dignes de remarque qui s'y trouvent, outre les couleurs déjà nommées, résultent du mélange de ces dernières comme aussi de l'effet obtenu par la superposition de couleurs transparentes. Connaissant les couleurs fixes que le règne minéral et l'industrie nous fournissent aujourd'hui, on peut considérer comme certain que nous sommes en possession de ressources plus grandes que ne l'étaient les anciens. Le vert émeraude en premier lieu, les couleurs de Mars, les jaunes de cadmium, l'outremer de Guimet, le bleu de Thénard, le violet de cobalt, sont des matières précieuses ; elles promettent à la peinture actuelle une conservation qui surpassera celle des tableaux gothiques, toutefois, sous les conditions particulières de préparation et d'application que nous avons indiquées.

Véhicules des anciens. Les auteurs anciens ne nous fournissent pas à ce sujet de renseignements précis ; il serait téméraire d'établir autrement que par des conjectures que, en dehors de l'huile, les vieux maîtres flamands avaient des véhicules à l'aide desquels ils détrempaient leurs couleurs broyées. Rarement on voit sur les tableaux gothiques, pour ne pas dire jamais, les empreintes de la brosse ; les couleurs présentent une surface unie et émaillée comme si elles avaient été cou-

lées; ce résultat n'aurait évidemment pas été obtenu avec une huile jeune et maigre. Donc à juger d'après l'apparence des couleurs, comme pâtes, nous pensons qu'elles ont été préparées au moyen d'huiles épaissies et eu égard à leur grande conservation, nous partageons l'hypothèse généralement admise que des substances résineuses s'y trouvent mélangées. Vouloir rechercher le genre, ou l'espèce de ces résines serait une entreprise téméraire. Pour établir avec exactitude l'ensemble des circonstances qui ont contribué à rendre la peinture des anciens pour ainsi dire inaltérable, on a étudié leurs couleurs sous deux rapports différents. Après avoir envisagé les matières colorantes en elles-mêmes et tout ce qui peut avoir concouru à en assurer la stabilité, abstraction faite du véhicule, on a considéré les couleurs préparées, principalement au point de vue du véhicule, de l'application, en un mot de tout ce qui a coopéré à la solidité de la peinture. Nous ne nous arrêterons pas à démontrer que les anciens ont employé des matières colorantes fixes, et qu'ils les ont enveloppées d'un véhicule capable de former une couche résistante et impénétrable à l'air; les faits parlent suffisamment et prouvent qu'il en est ainsi. Méticuleux à l'excès en ce qui concerne le « faire », les vieux maîtres ont naturellement reporté leurs scrupules sur les matières colorantes et sur les huiles. Il est donc permis de croire, à raison même de l'éclat que leur peinture a gardé après quatre siècles, que ces matériaux ont été d'une pureté absolue. Les anciens ont fait sagement leurs mélanges; s'ils ont parfois allié certaines matières colorantes hétérogènes, ils l'ont fait par nécessité, lorsqu'il leur manquait des couleurs de même nature pour obtenir la teinte qu'ils désiraient. Leurs couleurs ne s'étant pas écaillées, ni crevassées, cela prouve incontestablement qu'ils n'ont pas fatigué, surchargé leur peinture, mais qu'ils ont peint du premier coup sur de patientes préparations au lavis. De là, cette grande pureté, ce grand éclat et surtout cette extraordinaire solidité. L'absence de crevasses dans leurs tableaux est un indice certain que les couleurs des gothiques ont séché lentement et qu'aucun siccatif n'y a été mêlé. En résumé, les anciens connaissaient la bonne manière d'appliquer les couleurs, et comme nous l'avons dit, la conservation de leurs œuvres doit être attribuée autant aux grands soins qu'ils apportaient à l'exécution qu'à la supériorité des matières colorantes et des véhicules.

« Quinze années se sont écoulées depuis l'origine de notre étude, dit M. Blockx dans sa conclusion. Ce laps de temps, qui paraît considérable au premier abord, nous a à peine suffi pour expérimenter les substances dont nous avons parlé. Comprenant la responsabilité que nous allions assumer, nous n'avons pas voulu prendre la théorie seule pour guide; nous nous sommes attaché au contraire à confirmer par l'expérience nos renseignements les mieux fondés. La tâche que nous nous sommes imposée n'est pas accomplie. Nous ne négligerons aucun moyen, nous n'épargnerons aucune peine pour arriver au but que nous nous sommes proposé : « développer et étendre les « connaissances matérielles de la peinture, afin « qu'on leur réserve désormais dans l'éducation « artistique la place importante qui leur revient. »

Il est incontestable en effet qu'il n'existe dans aucune école d'art de l'Europe, un cours spécial pour l'enseignement technique de la peinture et de l'emploi des couleurs artistiques. Il nous faut faire l'aveu que toutes les recherches des chimistes ont été dirigées principalement au point de vue de l'industrie et de la peinture du bâtiment. Frappé de cette lacune, et ayant fait des procédés de la peinture artistique l'étude de toute sa vie, M. Blockx a compris le besoin impérieux de trouver un véhicule propre à donner aux couleurs à l'huile toute les qualités désirées de solidité et de beauté, tout en leur communiquant assez d'éclat pour éviter les vernis. Les résultats de douze années de recherches l'ont conduit à l'emploi de l'ambre jaune ou succin liquéfié, sans le mettre préalablement en fusion.

L'ambre jaune ou succin est parmi les divers corps résineux le plus solide et le plus beau ; sa dureté, son éclat et la couleur qui lui est propre, le classent au premier rang. Dissoute et conservant toutes ses qualités, cette belle matière qui a passé les siècles sans avoir même été altérée à la surface ne saurait qu'être éminemment durable [1]. Le succin dissous forme avec l'huile qui lui sert de véhicule une véritable combinaison. Il est miscible aux huiles et aux essences en toutes proportions. C'est un produit essentiellement gras et élastique; il est pur, brillant, et de même couleur que le succin naturel. Le succin dissous ne se décompose pas. Après sa solidification, il devient corné et non pas cassant ni friable. Il ne change pas de couleur et sa dessiccation est lente et régulière. Il tend à régulariser la dessiccation et le durcissement des couleurs et à en empêcher ainsi le retrait inégal et les crevasses. Le succin dissous étant extrêmement sensible aux diverses influences de la température ; on peut, selon les besoins, activer sa dessiccation et celle des couleurs auxquelles il est mélangé. Au point de vue chimique, il réunit donc les garanties de fixité nécessaires. Par son pouvoir réfléchissant, le succin dissous communique aux couleurs à l'huile ce brillant, cette finesse et cette puissance de ton qu'aucune autre matière ne saurait leur donner. Par la même raison, elles acquièrent plus de transparence. En mélangeant du succin dissous aux couleurs broyées à l'huile, on constate immédiatement un changement considérable dans leur état physique. Elles acquièrent de la consistance, du moelleux et un grand éclat. Les couleurs transparentes, telles que les laques de garance, deviennent pour ainsi dire diaphanes, et celles qui sont translucides, comme la terre de Sienne brûlée, la terre d'Italie, le jaune et l'orangé de Mars, le vert émeraude,

(1) L'un des plus grands chimistes de notre siècle, M. J.-B. Dumas, dit en parlant du succin dans son précis de chimie : « Le plus souvent on se sert du succin modifié par la fusion dans la préparation des vernis. On extrait donc ainsi l'acide succinique pour les besoins des laboratoires, en même temps qu'on se procure le succin fondu qui est devenu plus soluble et qui par cela même a perdu la sûreté et l'éclat qui lui auraient donné tant de prix si on avait pu le dissoudre sans le modifier »

le bleu de cobalt, deviennent semi-transparentes. Enfin les couleurs opaques paraissent plus claires et plus lumineuses. Ainsi préparées, les couleurs à l'huile couvrent mieux et leur pouvoir colorant est plus grand ; cela résulte de ce que le succin dissous contracte les couleurs à l'huile et resserre la matière colorante ; sous un même volume celle-ci se trouve donc répartie en plus grande quantité. Cette force de contraction empêche aussi les couleurs de se noyer les unes dans les autres, lorsqu'elles ont été fraîchement appliquées. La propriété que possède le succin dissous de resserrer les matières colorantes et d'empêcher les couleurs de se noyer les unes dans les autres, s'observe dans la pratique par ce fait, qu'en appliquant les couleurs claires sur d'autres très foncées, avant ou après la solidification, les couleurs superposées restent parfaitement dominantes après la dessiccation complète, que la couche de fond n'apparaît pas au travers de la couche supérieure et que celle-ci ne perd rien de sa pureté. Enfin ce produit si glutineux doit nécessairement prévenir plus que tout autre l'action destructive que les couleurs peuvent exercer entre elles. La clarté que le succin dissous communique à la peinture est permanente. Il est donc évident que ce liquide a pour effet d'isoler les molécules des matières colorantes, partant de prévenir les réactions produites par le mélange de ces dernières, de rendre les couleurs à l'huile compactes et imperméables à l'air et de conserver ainsi la fraîcheur du coloris. Arrivant au point essentiel, celui de la conservation des couleurs, M. Blockx fait remarquer que tous les spécialistes sont unanimes à admettre qu'une couleur emprisonnée dans une matière résineuse garde mieux et plus longtemps sa nuance. C'est probablement pour ce motif que, depuis les temps les plus reculés, l'on a adopté l'usage de vernir les peintures de valeur pour les protéger contre l'action nuisible de l'air et des gaz méphitiques auxquels elles sont souvent exposées. On comprend dès lors qu'il y a un avantage immense à mélanger directement aux couleurs à l'huile la substance résineuse la plus puissante, le succin. La couche sera garantie dans toute l'épaisseur et le vernissage des tableaux devient une précaution inutile. Nous ne pouvions terminer cette étude sur les couleurs artistiques sans faire connaître ce précieux procédé de l'application de l'ambre dissous qui commence à pénétrer dans les ateliers d'artistes éminents que nous pourrions nommer. — E. CH.

Bibliographie : Des couleurs, au point de vue physique, physiologique, artistique et industriel, par le docteur Ernest BRÜCKE, traduit de l'allemand par J. SCHUTZENBERGER, Paris, 1866 ; *De la loi du contraste simultané des couleurs et de ses applications*, avec atlas, par M. E. CHEVREUL, Paris 1839, chez Putois-Levrault. Ce volume est devenu rare. L'auteur a repris le sujet à nouveau dans un travail publié par le *Journal des savants*, sous ce titre : *Des arts qui parlent aux yeux; Exposé d'un moyen de définir et de nommer les couleurs,* etc., etc., par M. E. CHEVREUL, t. XXXIII, des *Mémoires de l'Académie des sciences,* avec atlas; *Théorie des effets optiques que présentent les étoffes de soie,* par M. E. CHEVREUL. Ouvrage imprimé aux frais de la chambre de commerce de Lyon en 1816 ; *Histoire des connaissances chimiques*, par E. CHEVREUL, t. Ier; *Œuvres scientifiques de Gœthe*, analysées et appréciées par Ernest FAIVRE ; *De la peinture à l'huile*, par M. J.-F.-L. MÉRIMÉE, Paris, 1830 ; *Materials for a History of oil Painting*, by Ch. EASTLAKE, London, 1847; *Lectures on Art,* by John RUSKIN, Oxford, 1880 ; VIOLLET-LE-DUC : Œuvres complètes ; *Peinture à l'huile*, etc., par J. BLOCKX, fils, Gand, 1881.

II. **COULEUR.** Ce mot a un si grand nombre d'acceptions dans la langue artistique et industrielle, que le lecteur comprendra l'impossibilité de les donner toutes; nous venons d'étudier la couleur suivant l'impression qu'elle produit sur l'œil par les rayons de la lumière, nous n'aurons plus à exposer, dans ce qui suit, que la partie technologique de notre sujet, en renvoyant, pour la définition de chaque couleur, à la place qu'elle occupe dans l'ordre alphabétique. Avant de terminer ce travail, nous devons donner différentes applications du mot *Couleur*. En *métall.*, on donne le nom de *couleur de recuit* à celle qui indique le degré de carburation de l'acier ; *fer de couleur,* au fer qui ne peut être forgé qu'au-dessous ou au-dessus du rouge cerise et qui, à cette température, est cassant ; on dit aussi *fer rouverin;* en *bijout.*, c'est une composition chimique qui donne aux objets la belle couleur jaune de l'or fin ; en *armoir.*, on compte cinq couleurs, le bleu ou *azur*, le rouge ou *gueules*, le noir ou *sable*, le vert ou *sinople*, le violet ou *pourpre*. On représente en gravure, l'azur par des lignes ou *hachures* horizontales, les gueules par des lignes verticales, le sable par des lignes horizontales et verticales, le sinople par des lignes diagonales de droite à gauche, et le pourpre par des lignes diagonales de gauche à droite.

III. **COULEUR** (Préparation de la). Avant d'être livrées aux peintres de diverse nature, qui font usage des couleurs, il faut faire subir à ces matières une préparation mécanique qui permette de les incorporer intimement avec les véhicules liquides, huiles, essences, vernis ou eau, à l'aide desquels on pourra les étendre et les appliquer sur les surfaces qu'on veut recouvrir. Cette préparation comprend deux opérations, la *pulvérisation* et le *broyage*, par lesquelles on cherche non seulement à obtenir les couleurs sous un état de finesse plus avancé, mais encore à les mélanger d'une façon parfaite avec une portion du véhicule liquide, pour en bien imprégner toutes les parties, et pouvoir, en étendant ce mélange, former des teintes uniformes dans lesquelles aucune parcelle de la matière, si fine qu'elle soit, ne se trouve isolée. La pulvérisation ou broyage à sec s'est longtemps pratiquée au mortier, mais les progrès des arts mécaniques ont permis aujourd'hui d'appliquer à ce travail des machines qui l'ont beaucoup perfectionné. Cette première opération s'exécute dans les fabriques de couleur, et les produits livrés au commerce n'ont plus besoin que d'être broyés, ce que fait ou le marchand détaillant ou l'entrepreneur de peinture, qui trouvent encore souvent les couleurs broyées complètement chez les fabricants.

Les machines qui servent au broyage des couleurs sont assez nombreuses. On a cherché tout

d'abord à employer les moulins analogues aux moulins des meuniers, à deux meules superposées, l'inférieure fixe, la supérieure tournant autour de son axe ; mais l'usure inégale rendait la pulvérisation très imparfaite ; on leur substitua alors des moulins à doubles meules supérieures dont les axes sont perpendiculaires à celui de la meule fixe, et qui sont animées à la fois d'un mouvement de rotation sur elles-mêmes et de translation autour de l'axe vertical de la meule fixe.

MM. H. Bessemer et J. Heywood ont disposé les moulins à meule d'une façon différente. Sur un fort bâti horizontal reposent deux meules gisantes, les meules mobiles dont le diamètre n'est environ égal qu'au rayon des meules fixes, sont enchâssées dans une sorte de collier en fer relié, aux boutons de deux manivelles qui reçoivent des mouvement identiques. Ces meules pèsent de tout leur poids sur les meules gisantes, et portent des trémies où l'on verse les matières à broyer qui se répandent entre les meules par une ouverture centrale, pratiquée au centre de la meule supérieure. Lorsque le moulin est mis en action, les meules mobiles, entraînées par le châssis, n'ont pas seulement un mouvement sur leur axe propre, mais tournent encore dans un cercle de diamètre égal à celui des manivelles. Le mouvement est le même que celui des machines à polir les glaces. Le dressage des meules est toujours assuré, et le broyage s'exécute à un degré déterminé, car les particules ne peuvent s'échapper entre les meules que lorsqu'elles offrent une valeur moindre que l'écartement que celles-ci présentent. A côté de ces appareils rentrant dans la classe générale des broyeurs et des moulins, on emploie couramment quelques machines construites spécialement pour cet usage, parmi lesquelles nous citerons le broyeur à cône de M. Tulpin. Il se compose d'un réservoir métallique, contenant un cône tournant sur son axe à l'aide d'une commande d'engrenages. La crapaudine qui sert de pivot à l'axe de rotation est disposée sur une sorte de levier qu'une vis permet d'élever plus ou moins, de façon à faire suivre les mêmes mouvements au cône qu'on écarte ainsi ou rapproche de son enveloppe, suivant le degré de grosseur des matières soumises au travail. Un orifice, muni d'une porte pratiquée dans le fond du réservoir, sert à extraire les matières pulvérisées, qui sont encore passées au tamis ; avant d'être renfermées dans les récipients dans lesquels ils sont livrés au commerce.

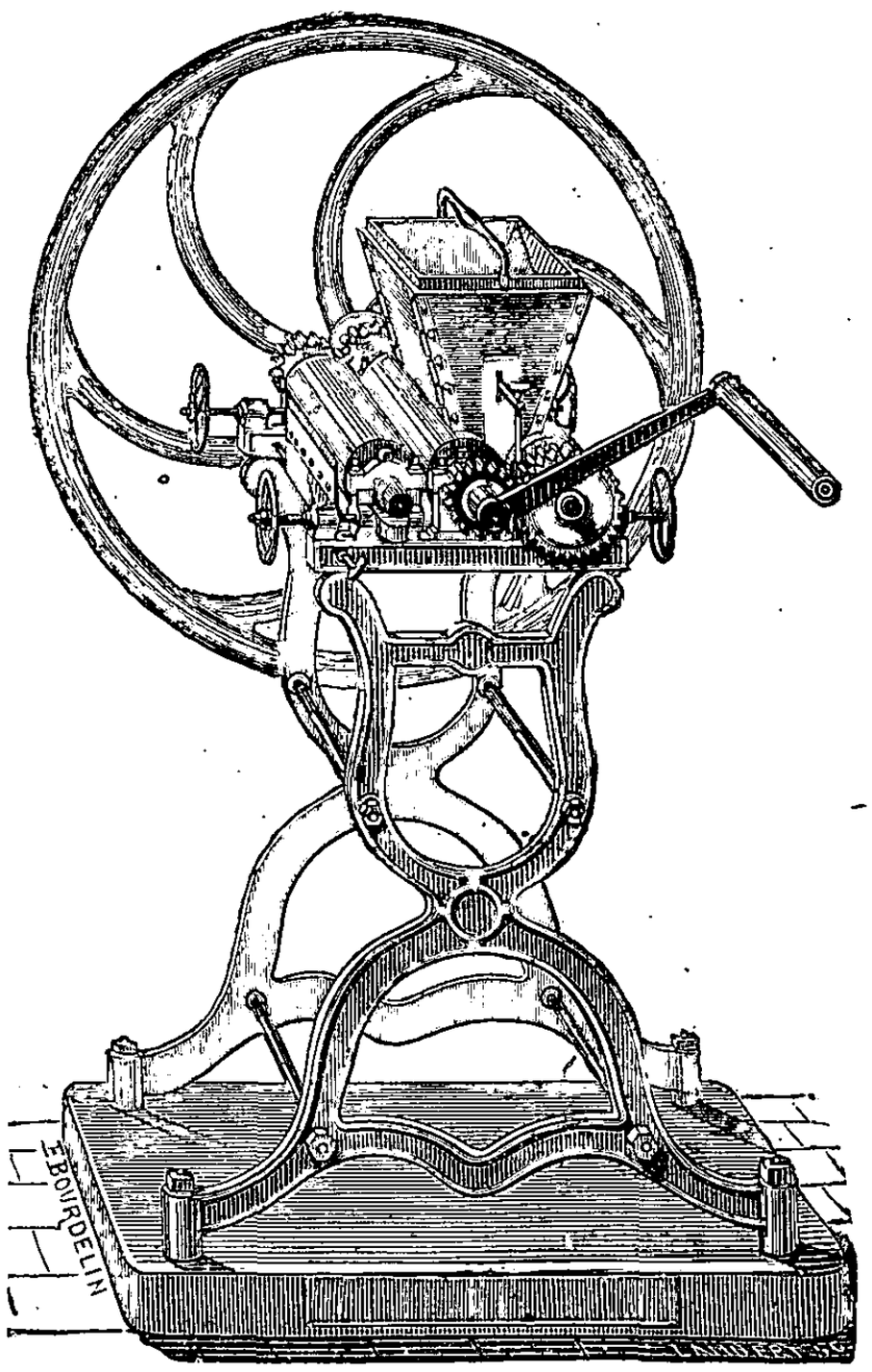


Fig. 581. — *Machine à broyer les couleurs.*

Depuis longtemps la céruse, le blanc de zinc, sont livrés par les fabricants, non plus à l'état de poudre sèche, mais unis déjà à une certaine quantité d'huile, formant une pâte plus ou moins visqueuse, qui facilite beaucoup les manipulations ultérieures et l'incorporation définitive de la quantité d'huile nécessaire. Quelquefois même on substitue l'eau à l'huile dans cette préparation ; on a reconnu, en effet, que dans cet état le blanc de zinc en particulier se mélangeait mieux à l'huile et en nécessitait une moindre quantité. M. Tulpin a modifié les moulins ordinaires en vue de cette destination particulière. Son broyeur se compose d'un récipient en cuivre, incliné sur son axe, contenant quelques boulets d'acier ou de bronze. L'inclinaison de l'appareil facilite, dans le mouvement de rotation, le retour des matières sous les boulets qui, en vertu de la pesanteur, tendent toujours à se tenir dans la partie la plus basse de l'appareil.

Le broyeur de M. Hermann se distingue par une autre disposition. Celui, représenté figure 581, se compose d'une série de trois cylindres de granit à écartement variable et à vitesses différentielles, dont deux sont sur le même plan et le troisième au-dessus des premiers. Les couleurs brutes, jetées dans une trémie, passent d'abord entre le premier couple où elles sont broyées un peu grossièrement, puis tombent entre les deux autres cylindres où l'opération est achevée. Un autre broyeur est formé par un mortier dans lequel le pilon, mû mécaniquement, est disposé excentriquement sur l'axe et reçoit un double mouvement de rotation sur lui-même, et de roulement sur la périphérie du mortier, de façon qu'aucune portion des matières versées dans le mortier n'échappe à son action.

Le broyage proprement dit qui succède à cette première opération de pulvérisation est de la plus haute importance au point de vue de l'emploi de ces matières. De lui dépend, en grande partie, la qualité des couleurs quant à leurs propriétés physiques. Il doit être poussé d'autant plus loin que les couleurs sont destinées à des peintures plus fines. Ainsi, alors que pour la peinture en bâtiments, il suffit de broyer une seule fois certaines couleurs, déjà pour la peinture vernie, ce broyage unique serait insuffisant et, à plus forte raison, pour les couleurs destinées à la peinture artistique, soit à l'huile, soit à l'aquarelle. Le broyage a non seulement pour objet d'amener les matières à un état parfait de pulvérisation, mais encore, ainsi que nous l'avons dit, à les incorporer au véhicule qui en permet l'emploi.

Les couleurs terreuses contiennent souvent des matières étrangères, pulvérisées également, mais qui, par leur degré de dureté, diffèrent de celui des substances où elles se trouvent, offriraient des obstacles au broyage. Pour les enlever on a recours au lavage. On délaie les matières dans un vase rempli d'eau. Après quelques secondes de repos on transvase l'eau dans laquelle les parties pures des couleurs sont restées en suspension. On décante ensuite l'eau ainsi transvasée et on fait sécher le résidu.

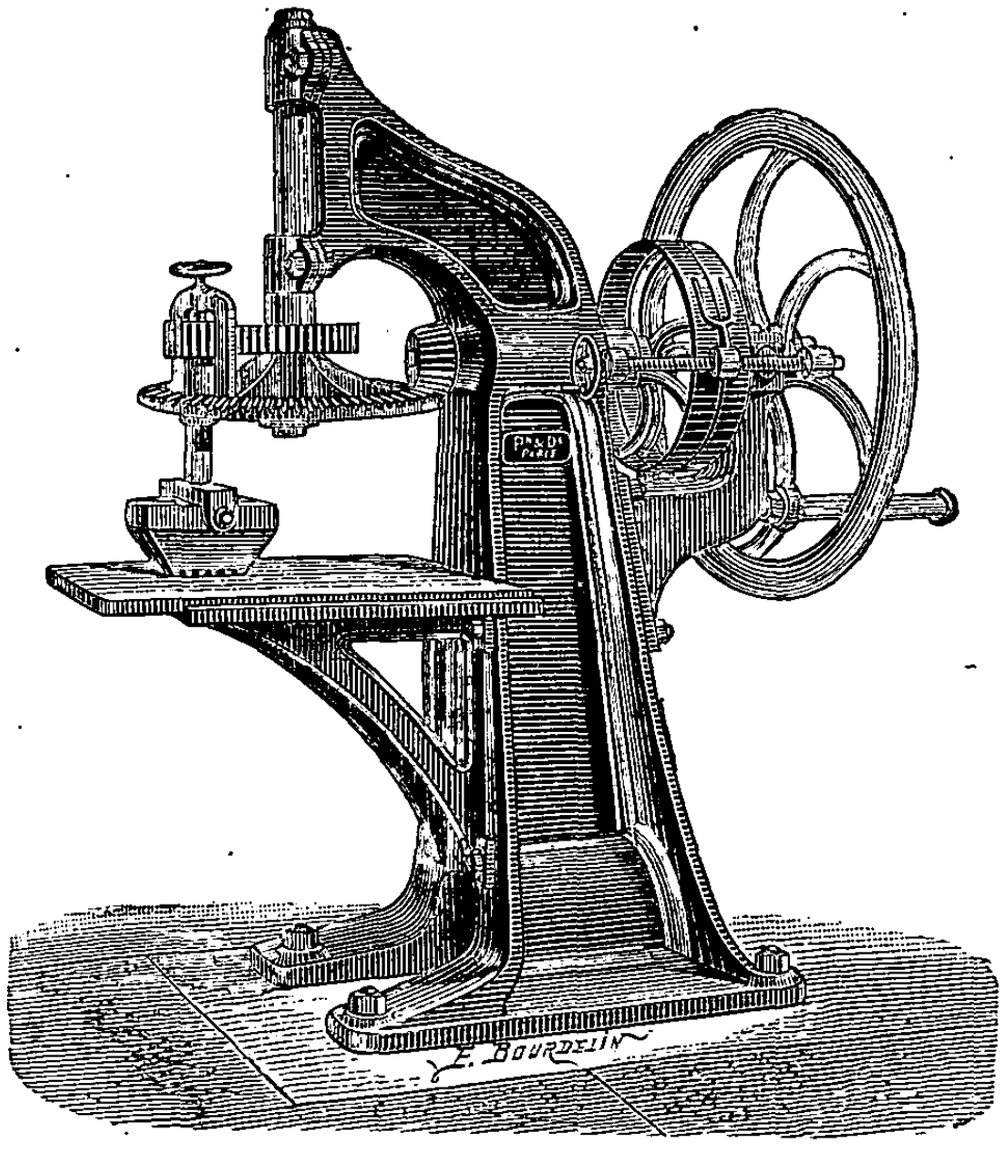


Fig. 582. — *Molette mécanique pour le broyage des couleurs.*

Le broyage s'exécutait autrefois à la main, et à la mollette, morceau de marbre dur en forme de cône tronqué, à l'aide de laquelle on triturait la couleur sur une table de marbre ou de pierre de liais, en ayant le soin de ramener de temps en temps, au centre de la pierre, avec un couteau long et flexible en acier ou en corne, les matières qui s'étalaient sur toute la surface de la table pendant le travail. Cette opération est très pénible, on a cherché à lui substituer un travail mécanique et l'on se sert pour cela de la machine représentée fig. 582, où la molette que l'on peut serrer plus ou moins contre la table reçoit un double mouvement de rotation, et sur elle-même et autour de l'axe de l'appareil.

Les premiers broyages pour les couleurs fines, broyées plusieurs fois, se font toujours à l'eau, et les couleurs qui les ont subis sont mises en grains et séchées, ce qu'on désigne sous le nom de *trochisquage*. Ce résultat est obtenu en faisant couler la pâte liquide par un entonnoir. Les grains ainsi formés portent le nom de *trochisques*. C'est sous cet état que l'on conserve les couleurs chez les marchands dans des vases fermés soit en verre, soit en terre vernissée. Les couleurs plus communes sont conservées en pains rectangulaires et s'appellent *couleurs en pains*. Au moment où l'on doit faire usage des couleurs, on les broye une dernière fois, à l'eau, à l'essence, à l'huile, au vernis, suivant l'usage auquel on les destine. Les peintres en bâtiment préparent ainsi un peu à l'avance des liquides épais conservés dans des petits seaux en fer battu, que l'on étend sur le chantier avec une nouvelle quantité de véhicule en faisant les mélanges convenables, au moment de coucher la peinture. Il suffit, pour obtenir une peinture homogène, de bien tourner le liquide dans le seau, avec une grosse brosse dont on fait rouler le manche entre les mains.

Pour la peinture artistique, on s'est servi longtemps de petites vessies renfermant les couleurs broyées à l'huile et qu'on exprimait sur la palette. Mais depuis trente ans, les vessies ont complètement disparu, et sont remplacées par les tubes en étain fermés par un petit bouchon, se vissant sur un petit ajutage qui termine le tube. Cette invention française, due à Richard, n'a pas tardé à trouver des débouchés dans le monde entier, et a donné lieu à une industrie spéciale dont Paris a encore conservé à peu près le monopole. C'est grâce à ces tubes d'étain, qu'on a pu livrer aux artistes des couleurs préparées pour tous les genres de peinture, à l'huile, à l'eau, etc., d'un emploi des plus commodes. Le peintre, en effet, n'exprime sur sa palette que la quantité de couleur qu'il emploiera immédiatement, et celle qui reste dans le tube, se conserve toujours dans le même état, prête à servir de nouveau, à la seule condition de revisser le bouchon chaque fois qu'on a exprimé un peu de matière sur la palette.

Rouges. Les rouges se préparent exactement comme pour les couleurs de la porcelaine, à l'aide de l'oxyde de fer calciné à certains degrés, tri-

turé avec 100 parties de fondant n° 1, pour 85 d'oxyde.

Bruns. Les bruns s'obtiennent à l'aide d'une base préparée avec le zinc métallique, le fer et l'oxyde de cobalt, en employant la méthode déjà indiquée pour ces diverses bases, et en mélangeant avec le fondant dans les proportions indiquées pour les rouges. Les deux métaux, dans la base, sont en proportions égales, l'oxyde de cobalt entre pour 1, 4, 6/40e de leurs poids réunis, on a ainsi du brun rougeâtre, du brun de bois et du brun sépia. Si les trois substances dans la base sont en proportions égales, on a un brun noirâtre. La substitution du chromate de fer à cette base donne un brun mordoré.

Couleurs d'or. Carmin. Pourpre. Violet. Leur préparation est la même que pour les couleurs pour porcelaine.

IV. **COULEURS D'ANILINE.** Les couleurs dites d'*aniline* sont une des conquêtes les plus récentes de l'industrie chimique. Nous avons retracé à l'article COLORANTES (Matières) l'histoire du développement des couleurs d'aniline, qu'il serait plus exact d'appeler *couleurs du goudron*: en effet, l'aniline n'est pas, à beaucoup près, la seule matière première servant à la fabrication de ces produits.

Quoi qu'il en soit, nous indiquerons dans cet article, sous le nom générique de *couleurs d'aniline* les matières colorantes préparées artificiellement au moyen du goudron de houille, sauf l'alizarine artificielle.

Classification. Les couleurs d'aniline peuvent être divisées en deux grandes catégories :

1. *Les dérivés des triphénylméthane.*
2. *Les matières colorantes azoïques.*

Quelques matières colorantes n'appartiennent à aucune de ces deux catégories; telles sont, par exemple, le nitronaphtol, l'acide picrique, le bleu méthylène et quelques autres corps moins importants.

1. Les dérivés de triphénylméthane comprennent : (*a*) Les corps de la série de la rosaniline (fuchsine, violet Hofmann, violet méthyle, violet de Paris, bleus à l'alcool, bleus Nicholson, bleu de diphénylanine. (*b*) Les dérivés de la coralline : Acide rosolique, coralline, péonine, aurine, azuline. (*c*) Les dérivés du diamidotriphénylmétane (vert malachite, vert acide, vert à l'essence, vert brillant, vert sulfoconjugué. (*d*) Les dérivés des phtaléines (eosine, lutécienne, erythrosine, rose Bengale, phloxine, galléine, céruléine). Quant aux couleurs azoïques, la classification en a été donnée dans un article précédent — V. COLORANTES (Matières).

Les couleurs d'aniline ont, en général, un très fort pouvoir colorant; elles teignent directement la laine et la soie sans mordant; en revanche, le coton exige l'emploi de mordants variés; le plus souvent, le coton est mordancé au tannin et passé en émétique. Presque toutes les couleurs d'aniline sont solubles dans l'eau; lorsqu'on obtient en premier lieu un produit insoluble, on le traite par l'acide sulfurique concentré ou fumant; il se forme ainsi un acide sulfoné dont les sels sont généralement solubles dans l'eau. Ce procédé s'applique surtout aux bleus d'aniline, pour les transformer en bleu Nicholson.

Ce qui distingue les couleurs d'aniline des autres matières colorantes, c'est la vivacité des nuances qu'on peut réaliser par leur emploi; leur stabilité laisse souvent à désirer; quelques-unes, comme les éosines, par exemple, sont rapidement décolorées par l'action de la lumière. Parmi le grand nombre des couleurs d'aniline qui ont été préparées, on en trouve pourtant de très stables : la céruléine, le noir d'aniline, les ponceaux de xylidine, le bleu méthylène et d'autres sont des matières colorantes grand teint, qui remplacent avantageusement les produits naturels d'origine organique ou minérale.

Une autre propriété caractéristique des couleurs d'aniline réside dans leur aspect. Ces corps cristallisent très bien et ont souvent un éclat cantharidé. Quelques-unes sont dichroïques; d'autres, telles que l'éosine et le rose de Magdala présentent une fluorescence assez intense.

Somme toute, hors ces caractères, il est assez difficile de reconnaître à première vue quel est le produit auquel on a affaire. On n'y parvient qu'en faisant une analyse complète des caractères et des réactions de la matière colorante que l'on examine. Pour terminer, nous dirons quelques mots sur l'importance de l'industrie des couleurs d'aniline en France et à l'étranger. Nous nous trouvons ici en présence d'une anomalie assez singulière : l'industrie des couleurs d'aniline a pris naissance en France; les découvertes les plus importantes (sauf l'alizarine artificielle) ont été réalisées par des chimistes français, et pourtant la France est, parmi les grands pays industriels, celui qui fabrique le moins de couleurs d'aniline. La Suisse elle-même, malgré l'exiguité de son territoire et le prix élevé des matières premières, dépasse notre pays quant à la production des matières colorantes artificielles. Ce fait est dû à des causes multiples, parmi lesquelles il faut citer la législation défectueuse des brevets, qui, en créant des monopoles, a coupé les ailes à l'industrie naissante. Pour la Suisse, l'absence de brevets est une des causes prépondérantes de l'état florissant de son industrie des couleurs d'aniline. Comme le fait si bien remarquer M. Charles Lauth, dans son beau rapport sur l'Exposition de 1878, et M. Hofmann, dans le rapport sur l'Exposition de 1867, l'industrie des couleurs d'aniline, telle qu'elle se pratique en Suisse, n'est que de la contrefaçon avouée et pratiquée hautement, érigée, pour ainsi dire, en système. L'inventeur français n'ayant pas la possibilité de protéger son invention par un brevet, y est forcément lésé dans ses intérêts, n'ayant aucun recours possible contre l'exploitation illégitime de sa découverte.

Les chiffres suivants, que nous empruntons au rapport de M. Lauth, montrent les progrès réalisés depuis la découverte des couleurs d'aniline jusqu'à ce jour. Grâce au mutuel appui que se sont prêtés la science et l'industrie, on a pu, par l'étude intelligente des procédés, par l'emploi

d'appareils jusqu'alors réservés aux laboratoires des savants, arriver à produire en quantités énormes et à des prix extraordinairement réduits les substances les plus rares et les plus difficiles à préparer.

— La fuchsine qui a été vendue à l'origine 1,500 francs le kilogramme, se vend aujourd'hui 15 francs; le violet de Paris est descendu de 210 à 25 francs; le vert méthyle est tombé de 800 à 60 francs.

L'Allemagne produit pour 50-60 millions de francs de couleurs, dont 30 millions pour la production de l'alizarine (les 3/4 sont exportés); l'Angleterre produit pour environ 11 millions, la Suisse produit 7 millions; l'Autriche 4 millions, la France 4 à 5 millions.

La quantité totale d'aniline fabriquée est d'environ 5 millions et demi de kilogrammes répartis entre l'Allemagne, pour 3,600,000 kilogrammes; l'Angleterre, pour 1,000,000 de kilogrammes et la France pour 800,000 kilogrammes.

La quantité de goudron de houille, traité pour cette production d'aniline et qui sert aussi à préparer la majeure partie de l'anthracène consommé, correspond à 550 millions de kilogrammes,

On ne saurait d'après ces chiffres se faire une idée exacte du développement de l'industrie des couleurs artificielles dans les dix dernières années; en effet, en examinant les rapports faits à la suite des expositions précédentes, on constate que le chiffre de 60 millions de francs était admis comme représentant l'importance de ces fabrications; il est aujourd'hui de 85 à 90 millions, mais il ne faut pas oublier que la valeur des matières colorantes a diminué dans des proportions colossales; l'augmentation de la production est donc infiniment plus grande que ne le laisserait supposer le rapport de 60 à 85 millions.

Les couleurs tirées du goudron ont été jusqu'en 1875 comprises par la douane française dans la catégorie des couleurs non dénommées; à partir de cette époque on les a classées à part. Voici les chiffres qui ont été relevés pour les années 1875-1878.

Années	Importation	Exportation
1875.	4.217.463	2.295.748
1876.	4.798.507	2.079.611
1877.	3.871.375	2.478.900
1878.	5.630.565	1.563.375

Tableau de l'importation et de l'exportation française pour les produits tirés du goudron de houille (benzine, aniline, anthracène, naphtaline, etc.).

Années	Importation	Exportation
1867.	182.601	»
1868.	190.973	79.984
1869.	318.039	323.940
1870.	225.435	197.652
1871.	130.074	123.943
1872.	214.441	1.089.650
1873.	151.216	665.263
1874.	242.574	533.717
1875.	304.137	720.264
1876.	496.934	811.460
1877.	999.153	777.638

Depuis l'époque à laquelle M. Lauth écrivait son rapport, les conditions se sont modifiées. A partir du 1er juillet 1882, les matières colorantes provenant de l'étranger sont taxées à raison de 10 francs les 100 kilogrammes.

Aussi voyons-nous depuis peu, de nombreuses fabriques se montrer sur différents points du territoire français. Espérons que dans un laps de temps peu éloigné, grâce à la concurrence, la France reprendra dans cette industrie le premier rang qu'elle a occupé jadis, et qu'elle n'aurait jamais dû perdre. — G. B.

V. **COULEURS VITRIFIABLES.** On donne le nom particulier de *couleurs vitrifiables*, aux substances que l'on emploie pour la peinture sur porcelaine, sur verre et sur émail. Elles se composent des matières colorantes, le plus souvent des oxydes métalliques, et des fondants ou véhicules des couleurs, qui permettent d'obtenir par l'action de la chaleur l'adhérence de ces matières sur les surfaces où on les dépose.

PROPRIÉTÉS DES COULEURS VITRIFIABLES. Les couleurs vitrifiables doivent présenter certains caractères particuliers qu'on peut résumer ainsi. Elles doivent : 1° être fusibles à une certaine température, sans y subir d'altération, le point de fusibilité doit être inférieur à celui de la matière sur laquelle on les applique; 2° adhérer fortement au corps sur lequel on les applique; 3° conserver un aspect vitreux après la cuisson; 4° être ou transparentes ou opaques; 5° pouvoir résister au frottement; 6° être insolubles dans l'eau; 7° être inaltérables par l'action de l'air ou des agents qu'il contient ordinairement; 8° et enfin être douées d'une dilatabilité analogue à celle du corps qu'elles recouvrent.

On peut les partager en deux classes : la première comprenant celles où la substance colorante est libre dans le fondant, et ne s'y trouve qu'à l'état de mélange; la seconde celles où la matière colorante se combine chimiquement avec un des corps faisant partie du fondant. La première classe forme les couleurs vitrifiables proprement dites, employées dans la peinture artistique sur porcelaine, sur faïence; la seconde comprend les substances désignées spécialement sous le nom d'*émaux* (V. ce mot), qui servent dans la peinture sur verre, et certaines variétés de décor sur porcelaine, notamment les fonds de grand-feu.

On distingue également les couleurs vitrifiables pour la peinture sur porcelaine, sur faïence et sur émail.

Couleurs vitrifiables pour la peinture sur porcelaine. *Des fondants.* Les fondants doivent participer des propriétés générales des couleurs vitrifiables, de plus, suivant la classe à laquelle appartiendra le produit formé par leur union avec les couleurs, ils doivent par rapport à celles-ci jouir de nouvelles propriétés. Ainsi pour la première classe, le fondant doit être tel : que la matière colorante ne soit nullement altérée, qu'elle puisse conserver son état de division; pour la seconde, au contraire, il faut qu'il s'exerce une réaction chimique entre le fondant et la couleur, action chimique qui dépendra du degré de température où s'opèrera la fusion de la combinaison, conditions qui ne sont pas toujours du même ordre, et qui doivent être mises en regard également du degré de température où se produit la fusion du corps recouvert. Il résulte nécessairement de ces considérations que le nombre des fondants que l'on peut employer est excessivement limité.

Les fondants sont généralement des silicates, des borates, ou des boro-silicates plombeux et en tenant compte des considérations que nous avons énoncées, on peut formuler à leur sujet les règles

suivantes : lorsque la substance colorante restera libre dans le fondant, les silicates fondants doivent ne pas contenir plus de trois fois d'oxygène que les bases, si elle se combine chimiquement avec le fondant, un excès dans cette proportion d'oxygène favorise la réaction. Lorsque le fondant contiendra un silicate alcalin, celui-ci devra être au plus un trisilicate. On emploie, pour les couleurs vitrifiables, sept variétés de fondants, qui reçoivent des noms propres à chacun d'eux et dont voici la composition :

	Sable	Minium	Borax
Fondant rocaille, n° 1. . . .	1	3	»
— au gris, n° 2. . . .	2	6	1
— de carmin, n° 3. . .	3	1	5
— de pourpre, n° 4. .	4	3	6
— de violet, n° 5. . . .	1	4	4
— de vert, n° 6	1	6	3
— d'or, n° 7.	»	»	1

Pour les préparer, on met le mélange dans un creuset de terre, on le fond rapidement et on le coule sur une pelle en fer. Ce procédé est recommandé par notre collaborateur regretté, Salvétat, comme préférable à tous ceux indiqués, soit en exposant le mélange assez longtemps à un feu moins énergique, soit en coulant dans l'eau. Quant au n° 7, destiné à l'application de l'or métallique, on le prépare en précipitant par l'eau le nitrate de bismuth dissous dans l'acide nitrique, en évitant l'addition du carbonate de potasse qui précipiterait le cuivre ou le nickel que peut contenir le bismuth, et dont quelques légères traces enlèvent tout l'éclat de l'or. Ce dernier fondant s'emploie dans la proportion de 1/10 ou 1/15 pour une partie d'or.

Matières colorantes. Les matières colorantes qui entrent dans la composition des couleurs vitrifiables sont, ainsi que nous l'avons dit, des oxydes métalliques et quelques substances terreuses : oxydes de chrome, de fer, de manganèse, d'urane, de zinc, de cobalt, d'antimoine, de cuivre, d'étain et d'iridium ; les chromates de plomb, de fer, de baryte, d'argent, le pourpre de cassius, la terre d'ombre, la terre de Sienne, les ocres rouges et jaunes. La préparation de chacune de ces substances étant décrite dans les divers articles correspondants, nous ne nous arrêterons pas à leur sujet, et passerons maintenant aux compositions faites avec les matières colorantes et les fondants pour former les couleurs vitrifiables. Nous rappellerons toutefois que l'oxyde de fer pouvant s'obtenir de différentes manières, on appelle *oxyde rouge* celui qui résulte de la calcination du sulfate de fer, *oxyde jaune*, celui qui provient de la décomposition spontanée du sulfate de fer en présence de l'eau aérée, et *oxyde par l'ammoniaque* celui qui résulte de la précipitation par cet alcali.

Composition et destination des couleurs. Les couleurs se groupent d'après les températures qu'elles doivent supporter pour être cuites sans altération, en *couleurs de moufle ordinaire* ou *tendres; couleurs de demi grand-feu* ou *dures; couleurs de grand-feu*.

La même couleur, quant à la nuance, devant, suivant qu'elle sera rangée dans une de ces trois catégories, présenter une composition différente puisque la température de cuisson variera. Il est certain que d'un cas à l'autre, la même couleur n'atteindrait pas une température suffisante pour fondre et faire corps avec l'objet qu'elle recouvre, ou au contraire ce degré serait dépassé, la vitrification n'aurait plus lieu, la couleur coulerait, en même temps que certains de ses éléments pourraient être décomposés et elle serait ainsi détruite.

Dans le plus grand nombre de cas, les peintres qui font usage de couleurs vitrifiables, achètent ces couleurs toutes préparées dans le commerce. On comprend aisément que les recettes de fabrication sont gardées secrètes, et qu'il serait, dans de semblables conditions, difficile de pouvoir donner une liste complète de leur composition. Notre regretté collaborateur Salvétat, dont le nom restera célèbre par les savants travaux qu'il a publiés sur tout ce qui a trait à la céramique, a fait une série d'analyses portant sur toutes les matières employées à la manufacture de Sèvres. Nous ne saurions invoquer une autorité plus compétente et nous allons donner un extrait de ses travaux sur cette question, qui formera un guide de premier ordre pour la composition des couleurs vitrifiables, bien qu'il soit possible que l'on puisse obtenir des matériaux analogues, par des procédés un peu différents ; mais il est naturel que dans une question de cette nature, on puisse arriver au même résultat par divers moyens. Dans la nomenclature que nous allons donner, nous conserverons la notation employée à la manufacture de Sèvres, très commode au point de vue pratique, et pour l'exposition, lorsque dans un mélange on a à employer un autre mélange précédemment décrit, et qui consiste à désigner une couleur par un numéro suivi de lettres indicatives, quand il existe plusieurs variétés de la même couleur. Les désignations de couleurs suivies du même numéro avec les lettres P F, comme : n° 12, gris foncé, et 12 P F, indiquent que l'on prépare cette couleur spécialement pour les fonds. La différence entre la couleur proprement dite, et la couleur pour les fonds, ne réside généralement que dans une plus grande proportion du fondant dans le mélange, proportion qu'il est quelquefois difficile de définir et que l'on modifie à volonté suivant la tonalité qu'on veut obtenir. Les catalogues de couleurs vitrifiables, publiés par les fabricants, donnent ordinairement la correspondance entre leur notation et celle adoptée à Sèvres.

A. Couleurs de moufles-tendres. *Blanc*. Les blancs réunis sous le titre de n° 2 blanc fixe, s'obtiennent par un mélange, en proportion variable suivant les besoins, d'émail blanc du commerce avec le fondant rocaille n° 1.

Gris. Ces couleurs, très utiles pour les peintures à sujets, et pour modifier toutes les couleurs sur la palette, sont facilement altérables à haute température, il y en a quatre variétés :

Désignation	Fondant aux gris n° 2	Carbonate de cobalt	Oxyde de fer jaune	Oxyde de fer rouge	Carbonate de zinc hydraté	Bleu n° 28 T	Observations
N° 12. Gris foncé et n° 12 P. F. . .	88	8	4	»	»	»	Triturer, fondre à douce chaleur. Sert à modifier tous les tons de la palette.
N° 13. Gris roussâtre et n° 13 P. F.	88	6	»	3	3	»	Triturer, chauffer, pour fritter la masse. Employé pour ombrer les chairs.
N° 14. Gris tendre.	92	5	3	»	»	»	Fritter la masse. Très fondant, délicat d'emploi. Sert à faciliter la fusion de quelques couleurs.
N° 15. Gris-bleu	50	»	»	»	»	50	Pour les tons bleuâtres des carnations.

Noirs. Les noirs servent non seulement à former cette couleur, mais encore à former avec d'autres des tons brunâtres difficiles à obtenir autrement. Il y en a cinq variétés.

Désignation	Fondant au gris n° 2	Carbonate de cobalt	Oxyde de fer rouge	Oxyde de fer par l'ammoniaq.	Sesquioxyde d'iridium	Observations
N° 17. Noir grisâtre.	85	10	»	5	»	Fritter au creuset. Sert à rompre les noirs de préférence au gris n° 12.
N° 18. Noir brunâtre.	76	16	4	4	»	Fritter seulement. Précieux pour les couleurs directes.
N° 19. Noir foncé et n° 19 P. F. .	78	11	»	11	»	Fondre. Se mêle avec toutes les couleurs.
N° 20. Noir d'iridium	75	»	»	»	25	Triturer seulement et employer. Qualité supérieure.

Bleus. La base des couleurs bleues est l'oxyde de cobalt amené à l'état de silicate ou de borate, quelquefois en combinaison avec l'alumine, la soude et l'acide phosphorique. La présence des alcalis enlève de la fixité à la couleur. Le cuivre donne aussi de beaux bleus. Il y en a six variétés.

Désignation	Fondant au gris n° 2	Carbonate de cobalt	Carbonate de zinc hydraté	Alun	Observations
N° 22. Bleu foncé d'indigo.	61	13	26	»	Triturer et fondre. Se modifie en gris et noir par ces couleurs. Les carmins s'altèrent avec elle. Les violets et pourpres s'y mêlent bien. Les rouges l'altèrent, ne s'emploient qu'en superposition.
N° 23 A. Bleu turquoise et 23 P. F.	»	6	2	92	Préparation particulière. Précipiter, par CO^2NaO, à la fois les trois corps dissous dans HCl, laver, sécher, calciner au rouge cerise sans dépasser. Puis mêler par simple trituration avec un fondant spécial : minium 60, acide borique pur hydraté 20, sable 20.
N° 24. Bleu d'Azur et n° 24 P. F..	67	11	22	»	Triturer et fondre.
N° 25. Bleu d'outremer.	»	»	»	»	Se fabrique avec un produit commercial et le fondant n° 6. Composition variable. On peut le préparer directement ainsi : oxyde d'outremer 1, et 2,5 ou 3,5 de fondant n° 6. L'oxyde d'outremer s'obtient en dissolvant dans l'acide azotique. Hydrate d'alumine 3, carbonate de cobalt 1, évaporant, triturant et calcinant. Couleur d'emploi difficile.
N° 28. Bleu de ciel	79	7	14	»	Broyer et fondre. Sert pour peindre directement et le n° 28 en particulier pour les retouches.
N° 28 T. Bleu de ciel tendre. . . .	95				
N° 28 T. P. F.	90				

Verts. Les verts fournis autrefois uniquement par le cuivre, le sont également aujourd'hui par l'oxyde de chrome.

Les verts de cuivre résistent mieux en présence des alcalis, et ceux de chrome en présence des couvertes acides.

Désignation	Fondant n° 3 ou n° 6	Oxyde de chrome	Carbonate de cobalt	Carbonate de zinc hydraté	Observation
N° 34. Vert Bleuâtre.	75	»	25	»	Ce mélange calciné à part est broyé sans fusion avec le fondant. Couleur modifiable avec les jaunes 41 B et 43, l'ocre n° 50 A V, les bruns n°s 68, 70, 75.
N° 35. Vert de pré et n° 35 P. F. .	»	50	25	25	Couleur de composition très complexe, fabrication spéciale. Voir plus loin, les recettes de la fabrique de Meissen.
		»	»	»	Dit vert foncé. V. Mélanger à l'eau, calciner.
		75	75		
N° 36 D. Vert foncé dur.	75	25		»	Broyer sans fondre.
N° 36 T. Vert foncé tendre. . . .	80	20		»	
N° 39. Vert-brun.	»	»	»	»	Mélange du n° 36 D avec du brun jaune 50 AV, ou n° 70 ou n° 75.

La fabrique allemande de Meissen est célèbre pour ses peintures vertes, dont les recettes furent communiquées par M. Kühn à M. Salvétat, et que nous transcrivons ici. On emploie une base fondamentale

Oxyde de chrome	3
Hydrate de carbonate de cobalt	1

calcinée une première fois, puis une seconde après broyage avec 1 partie de carbonate de magnésie et un fondant, dit fondant W, composé de minium, 73; quartz, 18; acide borique, 9, qui ainsi que les autres fondants employés est fondu et coulé.

N° 1. *Vert foncé.*

Base précédente	16.5
Fondant W	83.5

N° 2. *Vert clair.*

Base	12.5
Fondant W	62.5
Jaune	25

Composition du jaune.

Oxyde jaune hydrate de fer	4.5
Oxyde de zinc calciné	9
Oxyde blanc d'antimoine	14.5
Fondant W	72

N° 3. *Vert jaunâtre.*

Base	9.25
Fondant W	18.50
Jaune	72.5

Composition du jaune.

Oxyde blanc d'antimoine	4.5
Oxyde de zinc calciné	4.5
Quartz	18.25
Minium	72.75

N° 4. *Vert bleuâtre.*

Base	5.75
Oxyde de zinc calciné	5.75
Oxyde d'étain par calcination	5.75
Fondant W	16.75
Fondant spécial	66

Composition du fondant spécial.

Minium	34.5
Quartz	24
Kaolin	12
Feldspath calciné	12
Acide borique	17.5

Les verts de cuivre, dits *vert émeraude*, *vert dragon* et *vert foncé* ont pour base commune une couleur V, formée d'un jaune P et d'un vert-jaune VJ, en parties égales.

P { Oxyde de fer brun. Oxyde de fer rouge. Jaune de Naples. Minium. Fondant n° 4.

VJ { Email jaune vert opaque. Minium.

Cette base est fondue avec un bleu spécial, ancien bleu de roi foncé de Sèvres formé de 1/2 de fondant de rocaille et 1/5 de

Carbonate de potasse	42
Sable	29
Carbonate de cobalt	29

En variant les proportions relatives on obtient les diverses nuances.

Jaunes. Les jaunes ont pour base du jaune de Naples modifié par de l'oxyde de zinc, de fer ou d'étain. Le chromate de plomb et l'oxyde d'urane sont réservés pour les fonds, parce qu'ils se mélangent difficilement.

Désignation	Fondant n° 2	Antimoniate de potasse	Carbonate de zinc hydraté	Oxyde de fer rouge	Observations
N° 41 B. Jaune clair pour bruns et verts	75	17	8	»	Triturer, fondre à douce chaleur, pour mélange.
N° 42 P. F. Jaune jonquille	79	14	7	»	Triturer et fondre. Peut s'employer par teintes locales pour les fleurs.
N° 43. Jaune foncé pour bruns et verts	75	17	4	4	Triturer et fondre. En faisant fondre directement les éléments du fondant et non le fondant fait, la couleur est plus vive pour mélanges.
N° 46. Jaune foncé	75	17	»	8	Même observation que pour le n° 43. Se mêle moins bien que le précédent. Réservé pour les jaunes purs.
N° 47. Jaune pâle pour chairs	84	4	4	8	Triturer et fondre à feu modéré, sert à modeler les carnations et à faire les retouches.

A ces couleurs il convient d'ajouter :

N° 41 A. Jaune pâle fixe, émail blanc et jaune n° 41 B pour glacis.

N° 46 A. Jaune foncé fixe, émail blanc et jaune 46.

N° 45. Jaune orangé d'Urane

Fondant n° 1 75 / Oxyde d'urane 25 } Réservé pour les fonds ou touches isolées.

N° 52. Jaune orangé de chrome

Minium 75 / Chromate de plomb 75 } Pour les fonds, on peut ajouter un peu du fondant n° 2 avant de s'en servir.

Bruns jaunes. Ces couleurs s'obtiennent par le mélange en proportions variables des oxydes de fer et de zinc.

Désignation	Fondant n° 2	Carbonate de zinc hydraté	Oxyde de fer jaune	Observations
N° 49. Jaune d'ocre pâle	80.2	13.2	6.6	Mélanger sans fondre. Ces numéros peuvent se mêler à toutes les couleurs, sauf pour le mélange avec les verts pour lesquels le n° 50 AV est spécialement réservé.
N° 50. Jaune d'ocre	77	15	8	
N° 50 A. Jaune d'ocre foncé	75	12.5	12.5	
N° 50 AV. Jaune d'ocre pour verts	71.4	14.3	14.3	
N° 50 B. Jaune d'ocre très foncé	66.6	10	23.4	Sert à passer du jaune au rouge.

Rouges. Tous les rouges s'obtiennent à l'aide de l'oxyde de fer, qui, suivant son mode de préparation, le degré de température de la calcination, fournit les nuances différentes désignées ainsi :

N° 55. Rouge orangé. N° 58. Rouge sanguin. N° 62. Rouge de chair. N° 62 T. Rouge de chair tendre. N° 63. Rouge carminé. N° 64. Rouge laqueux. N° 66. Rouge violâtre. N^{os} 66 A, 66 B. Rouge violâtre foncé.

Ils se préparent sans fondre, par trituration de 1 partie de l'oxyde à l'état correspondant avec 1 partie de fondant n^{os} 2 et 3 du fondant n° 6. La difficulté réside à amener l'oxyde de fer à l'état voulu. M. Salvétat a proposé de partir du rouge suivant :

Oxyde de fer rouge	25
Fondant n° 2	75

en faisant varier successivement les proportions relatives des matières.

Pourpres, carmins et violets. Couleurs tirées de l'or. On les obtient avec le pourpre de cassius, elles sont solides sauf le carmin qui s'altère quand la température de cuisson s'élève. Elles ne peuvent s'obtenir que par tâtonnement, et il est impossible d'en établir la formule exacte.

N° 59 D. Carmin dur et 59 T Carmin tendre. Broyer du pourpre de cassius encore humide avec trois fois son volume de fondant n° 3, en ajoutant un peu de chlorure d'argent. Le n° 59 T exige un peu plus de fondant. Le ton terne provient d'insuffisance de fondant, celui jaune sale d'excès d'argent.

N° 60. Pourpre et 60 P. F. Le n° 60 s'obtient en ajoutant un peu d'oxyde d'or humide au carmin, et un peu de fondant pour le n° 60 P.F., plus favorable pour les mélanges que le précédent.

N° 65. Violet d'or et 65 P.F. On broye le pourpre de cassius avec un volume de fondant n° 5 sans ajouter d'argent.

On peut aussi préparer un violet de manganèse en faisant fondre :

Fondant n° 1.	66.7		
Fonte spéciale	33.3	Nitrate de potasse	60
		Sable	22.5
		Oxyde de manganèse.	15
		Borax fondu	2.5

Rouges-bruns et bruns. Il faut, pour obtenir un bon résultat, modifier légèrement le fondant n° 2. M. Salvétat a donné la formule suivante :

Minium	73
Sable	24
Borax fondu	3

Désignation	Fondant 2 S	Oxyde de fer brun	Oxyde de fer rouge	Oxyde de fer par l'ammoniaq.	Carbonate de zinc	Carbonate de cobalt	Brun sépia n° 75	Brun roux n° 68	Observations
N° 67. Rouge brun et 67 P.F.	75	25	»	»	»	»	»	»	Broyer sans fondre ni fritter.
N° 68. Brun roux et 68 P.F.	72.7	»	12.1	»	12.2	»	3	»	
N° 70. Brun de bois	»	»	»	«	»	»	50	50	
— —	72.7	»	»	12.1	12.2	2	»	»	Fritter légèrement.
N° 75. Brun sépia et 75 P.F.	70.6	»	»	11.8	11.8	5.8	»	»	Fritter.

B. Couleurs de demi grand-feu ou dures. Ces couleurs sont susceptibles de supporter une température bien supérieure aux précédentes, 200 à 300 degrés du pyromètre d'argent. Elles peuvent recevoir sans se ramollir la dorure dont on veut les rehausser, et ne nécessitent pas pour des superpositions un enlevage au grattoir comme les couleurs tendres. On les obtient en ajoutant aux couleurs tendres une certaine proportion d'oxyde y entrant déjà. Pour les faire, il suffit de broyer la couleur tendre et l'oxyde ajouté sauf dans le cas où l'on ajoute du carbonate de cobalt, et alors il faut fondre. On les emploie principalement pour les fonds, quelquefois pour la peinture même.

Pour les désigner à Sèvres, on répète le numéro adopté pour la même couleur tendre en le faisant suivre des deux lettres D.D. La proportion d'oxyde est généralement de 20 parties pour 80 de la couleur tendre, quelquefois 22,2 contre 77,8 pour les verts et les jaunes, et 12,5, 12,5 de deux oxydes pour 75 de la couleur tendre dans les bruns jaunes. On forme ainsi les n^{os} D D, 12, 15, 18, 19, 24, 28, 34, 35, 41, 36, 49, 50, 50 A, 50 B, 55, 58, 66, 66 A, 67, 68, 70 et 75.

C. Couleurs de grand-feu. On désigne généralement sous ce nom toutes les couleurs qui cuisent à la même température que les couvertes, et non à un feu plus tempéré spécial. Ce sont le plus souvent des couleurs de fond. Leur nombre est encore plus restreint que les précédentes, car à ces hautes températures de cuisson, la plus grande partie des oxydes métalliques sont altérés. Elles se mélangent généralement avec la couverte de la matière céramique.

Les noirs s'obtiennent avec l'oxyde d'iridium, ou avec un mélange de bleu de cobalt et d'oxyde de manganèse ; les gris avec le chlorure de platine. Tous les bleus viennent de l'oxyde de cobalt uni au felspath, on peût teinter les bleus en azur par l'alumine et l'oxyde de zinc, ou verdâtre par l'alumine et l'oxyde de chrome. Le bleu turquoise s'obtient en unissant un bleu verdâtre avec du carbonate de magnésie. Les verts ont pour base l'oxyde de chrome et se nuancent comme les bleus. Le célèbre vert céladon de Chine a été reproduit par M. Bunel à l'aide de l'oxyde de chrome, de cobalt et de zinc. On ne possède qu'un jaune grand-feu composé avec le Titane. Les roses s'obtiennent par l'or, le bistre et le marron par l'oxyde de fer, de manganèse, etc.

Préparation et emploi des couleurs. Les couleurs vitrifiables, pour être employées par les peintres, sont triturées puis broyées finement,

dans un mortier de verre représenté en coupe (fig. 583). On voit que le pilon est formé d'une pièce annulaire cylindrique surmontée d'une calotte de plomb, qui en augmente le poids, pourvue d'un bouton manivelle pour entraîner tout le système. Le broyage se fait à l'eau. Au moment de l'emploi, il faut ajouter un délayant qui fasse

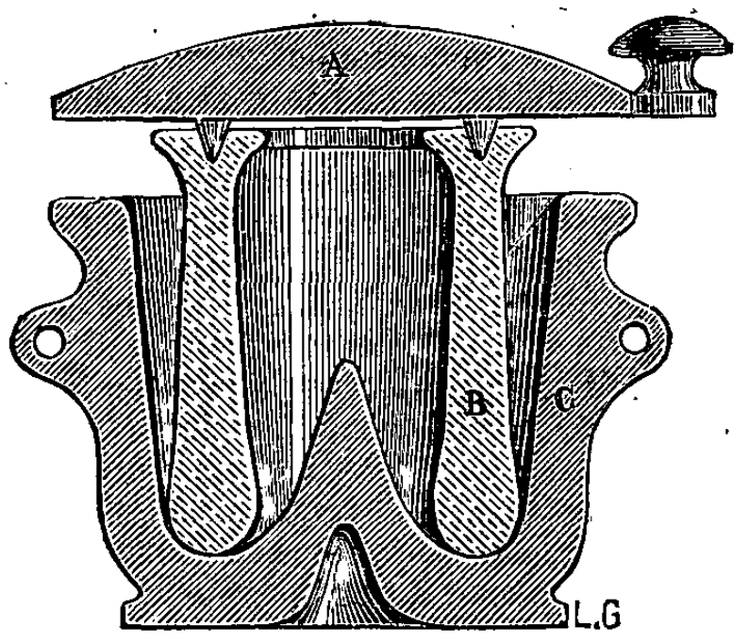


Fig. 583. — *Mortier.*
A Calotte de plomb. — *B* Pilon en verre. — *C* Mortier en verre.

contracter à la couleur une certaine adhérence avec la pièce avant la cuisson. On s'est servi longtemps de l'eau gommée ou sucrée, mais cela devient impraticable lorsque le fondant contient beaucoup de borax, et on le remplace généralement aujourd'hui par l'essence de térébenthine, mêlée d'un peu d'essence grasse. Il faut seulement que la térébenthine soit bien purifiée de toute trace de résine.

L'emploi de ces couleurs a du reste été bien simplifié depuis quelques années ; on se les procure toutes broyées, et incorporées au véhicule, enfermées dans des tubes en étain, semblables aux couleurs à l'huile qu'emploient les peintres.

Couleurs vitrifiables pour la peinture sur faïence. Lorsque la peinture sur faïence est appliquée sur la faïence émaillée, l'on y emploie les mêmes matières que s'il s'agissait de la porcelaine. Mais, au contraire, si cette peinture est pratiquée sur l'émail cru, c'est-à-dire avant qu'il n'ait été vitrifié par une cuisson préalable, on comprend que les réactions qui se produisent entre l'émail et ces matières, ainsi que la haute température de la cuisson, aient exigé des compositions spéciales.

Le fondant usité est toujours constant quelle que soit la matière colorante dont on se sert, et est composé ainsi : carbonate de soude, 1 ; sable d'Etampes, 2.

Quant aux couleurs proprement dites, on emploie :

Blanc : minium, 16; calcine (3 étain, 9 plomb), 7 ; silice, 20 ; chlorure de sodium, 7 ; fondant, 14.

Noir : oxyde de fer, 10 ; oxyde de cobalt, 5 ; oxyde de manganèse, 5; fondant, 8.

Bleus : oxyde de cobalt, 5 ; oxyde de zinc, 1 ; émail blanc, 1 ; fondant, 0 pour les tons clairs, 5 pour les foncés.

Vert : oxyde de cuivre, 4 ; blanc précédent, 5.

Jaunes : on forme une base de nuances variables, ainsi composée : antimoniate de potasse, 6 ; minium, 9; carbonate de soude, 1 ; oxyde de fer hydraté, 0; pour la nuance claire. Les mêmes éléments dans les proportions, 6, 6, 1.5, 1.2, pour la nuance moyenne ; et 6, 9, 0, 5, pour la nuance foncée.

Ces couleurs s'obtiennent pour le jaune pâle avec parties égales de la base claire et d'émail blanc, pour le moyen avec parties égales de la seconde base et du fondant, pour le foncé avec la troisième base et un petit excès de fondant.

Bruns. Les bruns se font sur la palette avec du jaune et du bleu, ou du jaune et du noir.

Couleurs vitrifiables pour la peinture sur émail. *Fondants.* On n'a recours dans le cas actuel qu'à deux fondants, l'un n° 1 analogue aux fondants aux gris, d'un emploi général, l'autre n° 2 réservé pour les pourpres et les carmins.

	N° 1	N° 2
Sable	2	4
Minium	5	3
Borax	3/4	6

Couleurs. On a sur leur composition des renseignements très précis et très détaillés dus à M. Salvétat, et qu'il a publiés à la suite de la mission qui lui fut confiée d'installer le laboratoire pour l'atelier de peinture sur émail à la manufacture de Sèvres.

Blancs.

Désignation	Calcine Pb 5, Sn 1	Calcine Pb 1, Sn 1	Sable d'Etampes	Nitre	Minium
Blanc fixe	100	200	200	40	100
Blancs pour mélange.	150	200	100	40	40
	200	200	100	60	40

Gris et noirs.

Désignation	Oxyde de cobalt	Fer métallique	Fondant n° 1	Observations
	1	1		Dissoudre le premier métal à froid, le second à chaud dans l'acide chlorhydrique, précipiter par carbonate de soude, laver, sécher et calciner avec 2 fois le poids de chlorure de sodium.
Gris.	40		220	Triturer sans fondre.
Noir.	80		170	— —

Bleus.

Fleurs de zinc	Oxyde de cobalt	Fondant rocaille	Fondant n° 1	Observations
8	4	20	»	Fondre à fort feu.
170			80	Triturer sans fondre.

En modifiant les proportions de la base employée, on peut former divers bleus.

Verts.

Désignation	Base					Fondant nº 1	Observations
	Oxyde de chrome pur	Oxyde de cobalt	Sesquioxyde de cobalt	Carbonate de cobalt	Carbonate de zinc		
Vert clair.	85	»	»	»	»	»	La base est préparée d'abord par fusion, puis l'on mélange simplement par trituration avec le fondant. L'oxyde de chrome pur s'obtient en brûlant le bichromate de potasse avec du soufre, aussi faut-il bien laver à l'eau bouillante, chaque base après la fusion.
Vert foncé	48	24	»	»	24	170	
Vert bleuâtre A	65	»	»	20	»	170	
Vert bleuâtre B	57	»	»	28	»	170	
Vert noirâtre A	42.5	»	42.5	»	«	170	

Jaunes.

Désignation	Mine orange	Sable d'Etampes	Borax fondu	Antimoniate de potasse	Carbonate de zinc hydraté	Oxyde de fer	Observations
Jaune clair	120	40	40	40	30	»	Fondre et couler.
— moyen	120	40	40	40	20	20	Fondre et couler.
— foncé .	120	40	40	40	»	20	Fondre et couler (oxyde de fer rouge).

Ocre.

Zinc	Fer	Fondant nº 1	Observations
1	1	»	Même mode de préparation que la base bleu.
85		170	

VI. COULEURS POUR IMPRESSION SUR ÉTOFFES. *Diverses définitions.* Dans l'impression sur étoffes ce n'est pas la matière colorante que l'on désigne ainsi, mais le mélange des diverses substances qui sert à imprimer les tissus ; il contient ordinairement : 1° un épaississant approprié au genre d'impression, pour permettre à la gravure de prendre et de déposer sur le tissu la quantité de *couleur* voulue ; 2° un *mordant* (V. ce mot) destiné à fixer la matière colorante sur l'étoffe ; 3° quelquefois la matière colorante elle-même, suivant les genres ; 4° souvent des sels destinés à favoriser les réactions ; 5° une substance colorée quelconque, n'agissant pas sur les bases de la couleur elle-même et destinée à permettre à l'imprimeur de mieux voir ce qu'il produit pendant l'opération de l'impression. Suivant les genres, les tissus et les procédés employés, la composition des couleurs varie considérablement, et nous étudions la matière colorante à son mot spécial. || Dans la teinture, c'est le nom du bain parfois incolore, destiné à produire la coloration du tissu après une ou plusieurs opérations chimiques. || *Couleur adjective.* Définition proposée par Bancroff pour spécifier les couleurs qui ne se fixent sur les tissus que par l'intermédiaire d'une autre substance. Ce terme n'est plus usité. || *Couleur d'application.* Nom des couleurs qui ne sont ni fixées par la vapeur, ni par la teinture, ni par oxydation, mais qui sont simplement déposées sur le tissu. Les couleurs d'application sont les moins solides de toutes, elles passent vite à l'air et ne sont guère employées que comme *couleurs d'enluminage,* dans certains cas où l'on veut produire des toiles à très bas prix. || *Couleur binaire.* Couleur qui résulte du mélange de deux couleurs simples. || *Couleur bon teint.* Celle qui résiste à l'action décolorante du soleil, à l'air, à l'eau, à l'alcool, aux acides et alcalis faibles, aux hypochlorites faibles et au savon. || *Couleur chromée* ; on dit aussi *chromatée.* Mélange qui ne contient que la matière colorante convenablement épaissie. On passe ensuite dans un bain de chrome qui fixe la matière colorante sur l'étoffe ; sans cela, un simple lavage ferait tout disparaître. Les couleurs chromatées s'emploient beaucoup pour les genres moleskines, pantalons, etc. || *Couleur composée.* Les couleurs composées résultent des *couleurs simples* que l'on associe une à une ou une à deux ou deux à deux, etc. Ainsi le rouge et le bleu donnent le lilas, le pensée, l'amaranthe, le mauve, etc., et grand nombre d'autres nuances, suivant la proportion des ingrédients employés ; ou bien le jaune et le gris qui donne des olives, etc. || *Couleur conversion.* Quand deux couleurs tombent l'une sur l'autre, il s'en produit généralement une troisième qui participe des deux composantes, c'est alors un effet de superposition — ainsi du rose sur du bleu clair donne du violet, du jaune sur du bleu du vert — mais quand la résultante produit une couleur qui ne participe pas des composantes, il se forme alors ce que l'on appelle une *couleur conversion.* Ainsi, que l'on imprime un rose vapeur alizarine contenant un peu de cachou, on obtiendra un rose pur : si l'on imprime par-dessus du chromate de potasse, le blanc restera blanc et aux points d'intersection on aura une couleur bois. || *Couleur corsée.* Se dit d'une couleur vive, soutenue, bien saturée. || *Couleur coulée.* Quand, par suite d'une mauvaise impression ou d'une fausse opération, une couleur prend sur le tissu un plus grand espace que celui qu'elle doit occuper, on dit qu'elle est *coulée.* || *Couleur directe.* Celle qui est imprimée de toute pièce sur l'étoffe ; les plastiques, les couleurs vapeur en général, sont des couleurs directes ; les couleurs à teindre ou à oxyder sont des couleurs indirectes. || *Couleur enlevage.* Généralement on imprime la couleur sur le tissu pour colorer celui-ci. Quand, au contraire, le tissu a été coloré à l'avance ou préparé pour être teint et qu'on imprime une couleur qui dissout, ou enlève le colorant ou le mordant à colorer, on produit un enlevage. C'est la couleur qui opère cet effet que l'on nomme *couleur enlevage.* Ainsi en imprimant de l'acide citrique sur un mordant de fer, on obtient le rongeant pour deuil. On produit du blanc sur noir après la teinture de l'étoffe en campêche, c'est

alors un enlevage *blanc*. Pour obtenir un enlevage *coloré*, on imprime un enlevage qui fait en même temps fonction de couleur pour la teinture à faire: que l'on imprime sur un fond puce (fer et alumine) du sel d'alumine et du sel d'étain, le fer sera dissous et l'alumine et l'étain seuls fixés, on obtiendra alors un rouge sur puce après teinture. Ce sera un enlevage coloré. || *Couleur d'enluminage.* — V. Couleur rentrure. || *Couleur d'essai.* Dissolution de gomme à laquelle on ajoute des substances plastiques ou des couleurs d'aniline; les couleurs d'essai servent à *cadrer* (V. ce mot) les dessins; on imprime sur un doublier ou sur une pièce. Cette couleur n'ayant pas de mordant s'enlève par un simple lavage. || *Couleur fausse.* Mélange de vieilles couleurs hors d'usage; on le place au fond des *châssis*. — V. ce mot. || *Couleur faux-teint.* — V. Couleur petit-teint. || *Couleur franche.* Couleur non rabattue et pure. || *Couleur garancée.* Les couleurs garancées sont celles dont le mélange contient un *mordant* qui sera fixé sur le tissu pour être ensuite teint en garance, après les opérations préalables de l'aérage, du dégommage. Les bases des couleurs garancées sont le fer, l'alumine, le chrome, soit seuls, soit mélangés; on obtient ainsi le rouge, le rose, le violet, le noir, le puce, le mode. Il y a encore d'autres bases susceptibles de produire des couleurs garancées, mais elles sont moins usitées. Les couleurs garancées sont les plus solides. Aujourd'hui il ne s'en fait presque plus, elles sont remplacées par les couleurs teintes en alizarine artificielle. || *Couleur grasse.* Si l'imprimeur emploie une couleur beaucoup trop mince, il produit une impression grasse; si, au contraire, il emploie une couleur trop épaisse, il aura une couleur *maigre*. On dit aussi qu'une couleur est maigre quand elle n'a pas été suffisamment teinte. || *Couleur lapis.* Couleurs employées pour faire le genre bleu lapis. || *Couleur maigre.* — V. Couleur grasse. || *Couleur naturelle.* C'est la couleur sous laquelle apparaît un corps quand il est éclairé par une lumière blanche très pure, celle des rayons solaires, par exemple. La couleur naturelle est toujours modifiée par les lumières artificielles, ainsi le gaz rend plus jaune, la lumière électrique plus bleu, etc. Il est très important de savoir se rendre compte de la modification de la couleur naturelle, dans les décors d'habitation, de toilette, dans les salons, théâtres, etc. || *Couleur par oxydation.* Se dit des couleurs contenant les éléments nécessaires à la formation d'une couleur déterminée, laquelle ne se produit que par l'influence d'une oxydation. Le type de ces couleurs est le noir d'aniline dont la couleur, au moment de l'impression, peut être complètement incolore et ne se produit que par l'effet de l'oxydation, en chambre ou à l'air, ou à la vapeur. || *Couleur petit-teint.* Couleur qui ne résiste pas aux agents atmosphériques, ni aux agents chimiques, comme le savon, le chlore, les acides faibles et les alcalis. On dit aussi *couleur faux-teint.* || *Couleur rabattue.* Couleur — soit en teinture ou en peinture — qui a été ternie par du noir. || *Couleur râpée.* Couleur qui, par suite de trop de traitements ou d'opérations mal appropriées, a perdu son éclat, son intensité. || *Couleur rentrure.* Dans l'industrie de la toile peinte, on applique les couleurs soit en une seule opération, soit en plusieurs. Quand on imprime deux, trois ou plusieurs couleurs au rouleau et qu'ensuite, après les opérations nécessitées par cette première application, on complète le dessin par d'autres couleurs qui sont appliquées après coup à la main, on donne à celles-ci le nom de *rentrures*. On donne aussi le nom de *rentrures* aux couleurs qui sont limitées par celle qui forme les contours. On appelle aussi les couleurs rentrure couleurs *d'enluminage.* || *Couleur réserve.* Généralement on imprime une couleur sur l'étoffe et le fond doit rester dans l'état primitif; mais quand on imprime une couleur et, qu'après coup, le fond doit être modifié et le blanc rester intact aux endroits couverts par cette couleur, on donne à celle-ci le nom de *réserve*. Ainsi, dans le genre indigo, on imprime une couleur composée de telle façon que les sels, qui entrent dans sa composition, empêchent l'indigo de se fixer à l'endroit où elle a été appliquée. On teint en indigo, toute la surface du tissu est colorée et ce n'est que sur les places imprimées par cette couleur que le blanc reste. Cette couleur s'appelle *couleur réserve.* || *Couleur résiste.* Les mélanges qui servent à empêcher les couleurs de s'appliquer sur certaines parties des étoffes portent le nom de *couleurs résiste*. On applique plus généralement le nom de *couleurs réserves* aux mélanges employés pour empêcher la fixation de l'indigo et *couleur résiste* pour toutes les autres matières colorantes. || *Couleur rongeant.* — V. Couleur enlevage. || *Couleur saturée:* celle à son maximum d'intensité. || *Couleur simple.* En *peinture*, on admet, comme couleurs simples, le rouge, le bleu, le jaune, le blanc et le noir, car c'est par le mélange de ces couleurs que l'on obtient toutes les autres. En *impression*, on ne compte que le rouge, le jaune, le bleu et le noir. Le blanc n'est pas considéré comme étant une couleur dans le cas de l'impression directe. On ne nomme le blanc couleur que dans le cas d'enlevage ou de résiste. || *Couleur solide.* — V. Couleur bon teint. || *Couleur substantive.* Bancroff a nommé ainsi les couleurs qui se combinent avec les étoffes en vertu de leurs propres affinités et sans le secours de mordants. Inusité. || *Couleur teinture.* On donne, en général, ce nom aux couleurs appliquées sur le tissu, mais qui ne contiennent que le mordant. Ce n'est qu'après diverses opérations que la véritable couleur est obtenue sur l'étoffe par le moyen de la teinture, ainsi les couleurs garancées, les couleurs deuils, sont des couleurs teinture. || *Couleur vapeur.* Celle qui se fixe sur les tissus par une exposition plus ou moins prolongée à la vapeur d'eau avec ou sans pression. Les couleurs vapeur contiennent tous les éléments réunis, matière colorante, mordant, mais encore non combinés. Ce n'est que par l'action de la vapeur que se forme la laque colorée qui se fixe sur le tissu, et qu'ensuite on lave pour débarrasser de l'épaississant et des matières non fixées.

Cuisine aux couleurs. On donne ce nom

à l'atelier où se font toutes les préparations relatives à la fabrication, en tant que bains, préparations, mélanges, couleurs, etc.

On donne aussi ce nom à l'appareil dans lequel se cuisent les couleurs. Il se compose, suivant l'importance de l'usine, d'une série de 3 à 10 chaudières, de capacités diverses allant en augmentant; soit que la plus petite contienne 5 litres et la plus grande 150 ou plus (fig. 584). Ces chaudières, dans lesquelles se préparent non seulement les couleurs, mais aussi les dissolutions, les mordants,

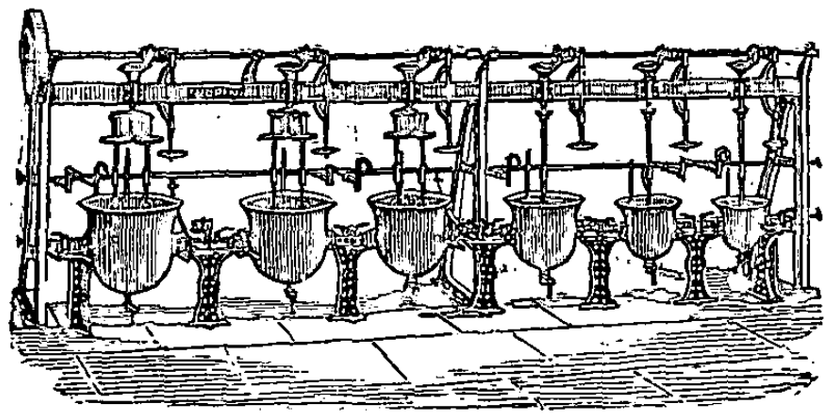


Fig. 584. — *Installation d'une cuisine aux couleurs.*

les bains, etc., sont généralement en cuivre; on en fait aussi en émail; mais leur durée est très courte; elles sont à triple enveloppe—une première enveloppe interne en cuivre dans laquelle se met le bain, une deuxième également en cuivre, et une troisième qui se fait quelquefois en fonte. La vapeur pénètre entre la première et la deuxième enveloppe et chauffe la couleur. Celle-ci cuite, un système de tuyaux permet d'y amener de l'eau qui refroidit en place de vapeur entre la première et la deuxième enveloppe; entre la deuxième et la troisième enveloppe se trouve un corps mauvais conducteur, soit de la sciure de bois, de la poussière de coke, etc. Cette dernière enveloppe a pour but d'économiser le combustible, en empêchant le rayonnement externe. Toutes ces chaudières sont mobiles sur des axes et peuvent facilement se retourner pour être débarrassées de leur contenu; au bas est un robinet de purge. Dans le système le plus perfectionné que nous représentons ici, il y a des agitateurs doubles, mus par le moteur et donnant à la couleur un mouvement tel que toutes les parties sont nécessairement déplacées, ce qui n'a pas lieu avec l'agitateur simple qui remue concentriquement. Avec ces agitateurs doubles, la courbe décrite par chacun d'eux est l'épicycloïde. L'appareil est muni, en outre, d'un manomètre et d'un système d'alimentation d'eau pour l'intérieur de chaque chaudière, et pour l'espace placé entre la première et la deuxième enveloppe de chacune d'elles. Les petites chaudières peuvent se vider au moyen d'un levier, les grandes par le moyen d'une roue d'angle qui fait faire un demi-tour à la chaudière. — V. IMPRESSION SUR ÉTOFFES, TEINTURE.

COULEUVRINE. *T. d'artil. anc.* Ancienne pièce d'*artillerie*. — V. ce mot.

I. **COULISSE.** 1° Généralement rainure dans laquelle on fait glisser une pièce mobile, châssis, fenêtre, etc. || 2° *T. de théât.* Châssis de toile peinte dressés des deux côtés de la scène pour la décoration théâtrale, et qui glissent dans les rainures pratiquées dans le plancher; ils occupent les divers plans compris entre le manteau d'Arlequin et la toile du fond, et doivent se prêter, par leur mobilité, aux exigences ou aux caprices des décorations ouvertes. Par extension, on nomme *coulisses* les parties latérales de la scène où se tiennent les acteurs et les gens de service. || 3° *T. de typogr.* Planche de bois mince, ou plaque de métal mobile dans les rainures de la galée, et dont on se sert pour faire couler sur le marbre une page trop lourde pour qu'on puisse l'enlever avec les doigts; on la nomme aussi *coulisse de galée*. || 4° *T. d'hydraul.* Rainure qui reçoit une trappe d'écluse. || 5° *T. de fum.* Petite porte pratiquée dans la grande porte d'un poêle. || 6° *T. de serrur. Bouton à coulisse.* Bouton placé sur la cloison d'une serrure et qui sert à en ouvrir le demi-tour. || 7° Place qui reçoit les charnons d'une charnière. || 8° *T. de tiss.* Espace libre ménagé dans la formation des maillets pour le passage des fils de chaîne. || 9° *T. de mar.* Pièce fixe sur laquelle glisse le navire dans sa mise à flot. || 10° *Art hérald.* Se dit d'une herse à la porte d'une tour ou d'un château.

II. **COULISSE.** *T. de chem. de fer.* Pièce du mécanisme d'une locomotive, formée ordinairement de l'assemblage de deux plaques de fer, à l'intérieur desquelles est ménagée une rainure servant à guider le coulisseau qui commande la tige du tiroir de distribution.

— L'invention de la coulisse remonte à Shaep Roberts et Stephenson, qui en firent usage pour la première fois vers 1840, pour faciliter la manœuvre du changement de marche. Les lames de deux excentriques donnant le mouvement d'arrière ou d'avant étaient terminées jusqu'alors en effet par des fourches, dans l'une ou l'autre desquelles on venait accrocher l'extrémité de la tige du tiroir suivant le sens de la marche et suivant la disposition imaginée en 1834 par Balduin, de Philadelphie, et Forster, de Liverpool. Avec la coulisse de Stephenson, le coulisseau s'est trouvé continuellement guidé, en même temps qu'il devenait beaucoup plus facile de le manœuvrer en le commandant de la plate-forme de la machine. Cette modification si importante déjà, a réalisé en même temps un progrès décisif dans la distribution, car elle a permis de faire varier à volonté la quantité de vapeur admise et le travail dépensé dans les cylindres, et de le proportionner pour ainsi dire au travail résistant. Autrement tous ces éléments se trouvaient fixés par les données de construction mêmes de la machine, et il n'y avait plus moyen de le modifier.

La locomotive, au contraire, est une machine qui doit développer à chaque instant un travail essentiellement variable, d'après la nature et le profil de la voie, l'état des rails, la charge à remorquer, la vitesse de marche, etc., et il importe qu'elle puisse s'accommoder à toutes les circonstances, en fournissant un travail variable lui-même, selon le cas. L'invention de la coulisse a réalisé ce dernier progrès et on peut dire que cette pièce constitue réellement un organe essentiel de la *locomotive*.

La coulisse est rattachée habituellement par ses deux extrémités aux deux barres d'excen-

triques qui commandent la marche avant ou arrière, et c'est en faisant varier la position du coulisseau sur la coulisse qu'on peut faire varier l'admission.

Lorsque le coulisseau est à fond de course, au contact d'une seule des deux barres d'excentrique, il se trouve guidé alors uniquement par cette barre, comme si l'autre n'existait pas, et l'admission est alors maxima, soit pour la marche avant, soit pour la marche arrière. Au contraire, l'admission va en diminuant à mesure que le coulisseau se rapproche du point milieu de la coulisse, et ce point a même reçu le nom de *point mort*, non pas que le tiroir reste complètement immobile lorsque le coulisseau occupe cette position, mais c'est qu'alors l'admission est à sa limite inférieure. La théorie du mouvement de la coulisse et du coulisseau est assez délicate ; elle a été étudiée par différents géomètres et notamment par M. Philipps, qui en a fait une exposition complète pour la coulisse de Stephenson ; nous disons quelques mots des résultats auxquels ils sont parvenus, à l'article DISTRIBUTION, où nous étudions les diverses dispositions adoptées pour régler la distribution de vapeur.

La coulisse de Stephenson est caractérisée, comme on sait, par ce fait que le déplacement du coulisseau s'obtient en manœuvrant la coulisse elle-même, qui est suspendue, à cet effet, à l'extrémité d'un levier qu'on peut élever ou abaisser, de la plate-forme du mécanicien, en agissant sur le changement de marche. Dans certaines autres dispositions de coulisse, notamment dans celle de Gooch, c'est le coulisseau lui-même qui est actionné par le levier de manœuvre ; cette coulisse a, d'ailleurs, sa concavité dirigée du côté opposé à l'essieu moteur, à l'inverse de celle de Stephenson. Elle assure une avance à l'admission constante, mais elle a l'inconvénient d'exiger beaucoup de place ; aussi n'a-t-elle été guère appliquée, jusqu'à présent, que sur des machines à quatre essieux accouplés. Cette coulisse a été appliquée pour la première fois, paraît-il, en 1845, par Mr Bousson, sur des machines de l'ancien chemin de Rhône et Loire. D'après les dates fournies par M. Clarke, dans son *Railway-Machinery*, M. Bousson serait même le véritable inventeur de la coulisse connue sous le nom de Gooch. D'après M. Clarke également, la coulisse aurait été indiquée par M. William, mais sous une forme défectueuse, que M. Howe a heureusement modifiée pour lui donner celle qui a été appliquée par Stephenson, en 1843.

Outre la coulisse de Stephenson et de Gooch, on connaît encore la coulisse droite, introduite à peu près en même temps en Angleterre, par Allan, et en Allemagne, par Frick. Cette disposition éviterait les prétendues difficultés de fabrication qu'entraînerait la forme courbe des deux premières coulisses ; la coulisse d'Allan participe, d'ailleurs à la fois de toutes les deux, en ce que le changement de manche doit déplacer à la fois la coulisse elle-même et la barre du coulisseau. Elle a l'inconvénient d'être un peu compliquée et d'exiger beaucoup de place, et l'usage en est très peu répandu. — B.

* **COULISSÉ, ÉE.** *Art hérald.* Château ou tour dont la porte est munie d'une herse.

* **COULISSEAU.** *T. techn.* Petite *coulisse*. — V. ce mot.

* **COULISSEUR.** *T. techn.* Outil qui sert à faire des coulisses.

COULOIR. Généralement passage étroit. || *T. de constr. Couloir-caisse à béton.* Caisse rectangulaire en bois de 2m,50 de haut, sur 1 mètre de section, munie à l'intérieur de trois à cinq plans alternativement inclinés en sens inverse : on y jette par le haut pêle-mêle les cailloux et le mortier, qui se mélangent sur les plans inclinés pour former le béton évacué par une ouverture située à la partie inférieure. On se sert, dans le même but du *couloir cylindrique*, en tôle, de Schlosser, muni intérieurement de croisillons en fer, qui opèrent comme dans la caisse rectangulaire. On nomme aussi cet appareil *bétonnière*. — V. ce mot.

* **COULOMB** (Du nom du physicien *de Coulomb*). Unité de quantité électrique dont la définition et la relation avec l'ampère (unité d'intensité) ont été ainsi formulées par le Congrès International des électriciens, en 1881 :

« On appelle *ampère* le courant produit par un volt dans un *ohm*.

« On appelle *coulomb* la quantité d'électricité définie par la condition qu'un ampère donne un coulomb par seconde. »

En d'autres termes, un coulomb est la quantité d'électricité qui passe par seconde en un point quelconque d'un circuit ayant une résistance totale d'un ohm, sous l'influence d'une force électro-motrice d'un *volt*.

* **COULOMB** (CHARLES-AUGUSTIN DE), ingénieur et physicien, né à Angoulême en 1736, mourut en 1806. Il entra de bonne heure dans le corps du génie, et fut envoyé à la Martinique, où il construisit le fort Bourbon. Il s'illustra par ses expériences sur le frottement, la raideur des cordes, et par la *balance de torsion* qu'il inventa pour mesurer les forces d'attraction magnétique et électrique. Sa *Théorie des machines simples* lui valut, en 1769, le prix de l'Académie des sciences et, en 1784, il fut admis dans ce corps savant. Les travaux de Coulomb sont insérés dans les *Mémoires de l'Académie des sciences*.

* **COULOTTE.** *T. de constr.* Pièces de bois sur lesquelles le scieur de long appuie le bois qu'il doit refendre. || Caisse avec laquelle on descend sous l'eau le béton destiné à une fondation. — V. BÉTON.

* **COULURE.** *T. de céram.* Excès de glaçure qui tient à trop de fusibilité, et qui se forme au détriment des parties voisines. || *T. de métall.* Coulage du métal à travers les joints du moule, pendant la fonte.

COUPAGE. 1° *T. de céram.* Opération qui consiste à diviser les pâtes fines pour les rendre plus ho-

mogènes. || 2° *T. de savonn.* Opération qui consiste à couper les savons en gros pains de forme parallélogrammique. || 3° *T. de monn.* Opération qui consiste à découper, au moyen de coupoirs mécaniques, les flans destinés à être frappés en médailles ou en monnaies. || 4° *T. techn.* Opération de la fabrication des *baleines*. || 5° Opération de la fabrication des *aiguilles* (V. ce mot). || 6° Action de couper les poils des peaux dans la fabrication des chapeaux. — V. CHAPELLERIE, § *Chapeaux de feutre de poils*. || 8° Opération de la fabrication du *caoutchouc* (V. ce mot). || 9° Action de mêler ensemble des vins ou des eaux-de-vie, de provenances différentes, pour produire des mélanges offrant un ensemble de qualités qu'aucun des composants ne possède à un degré suffisant. — V. EAU-DE-VIE, VIN.

COUPE. *T. techn.* 1° Représentation graphique d'une machine, d'un édifice, supposé coupé suivant un plan, dans un sens déterminé, pour laisser voir dans l'appareil le mécanisme et le jeu des organes, ou dans une construction les épaisseurs des murs, les aménagements intérieurs, etc. || 2° *T. de constr.* Petit canal pratiqué sous les appuis des croisées, pour empêcher l'eau de couler sur le mur; on dit *coupe-larme*. || 3° *T. de charp.* Sorte d'assemblage que l'on divise en quatre espèces, la *coupe-plate*, qui est le joint en coupe proprement dit, la *paume*, l'*embrèvement*, la *fausse-coupe*. || 4° *T. de men.* Disposition des joints des moulures et des champs sur le bois. || 5° *T. de cost.* Art de tailler les étoffes, les cuirs, etc., pour en faire des vêtements d'homme, de femme, d'enfant, ou autres choses. || 6° Vase à boire porté sur un pied, plus large que profond, et que l'on fait ordinairement en cristal, en métal précieux, en marbre. || 7° *Art hérald.* Représentation d'une coupe à boire.

* **COUPE-CANNES.** *T. techn.* Appareil qui a pour fonction de couper la canne à sucre en rondelles plus ou moins épaisses, afin d'en extraire le jus par la diffusion continue. — V. DIFFUSION.

COUPE DES PIERRES. Branche de la *stéréotomie* (V. ce mot), qui a pour objet spécial l'art de préparer et de tailler les pierres de telle façon, qu'en les plaçant les unes à côté des autres dans certaines positions données, elles ne forment qu'un tout qui produise l'effet demandé, c'est-à-dire une arcade, une plate-bande, une voûte, etc..., et que chacun des morceaux ainsi préparés contribue, en raison de l'emplacement qu'on lui destine, à former la totalité de cette arcade, de cette plate-forme, de cette voûte, etc. Cet art, ou plutôt cette science, permet de remplacer les blocs volumineux dont se servirent les premiers constructeurs pour couvrir leurs édifices par un assemblage de pierres de dimensions très réduites, plus léger, plus solide, moins dispendieux et qui se soutient indépendamment des matières liaisonnantes, mortier, plâtre ou ciment dont on fait usage dans les constructions ordinaires.

— Les Egyptiens, qui ont construit en pierres de taille les plus grands aussi bien que les plus durables monuments qui existent, connaissaient l'*appareil* simple, c'est-à-dire l'arrangement des blocs posés les uns sur les autres, de manière à constituer un mur ou un point d'appui; mais ils n'avaient aucune idée de la coupe des pierres proprement dite; aussi furent-ils obligés d'employer, pour former les plafonds de leurs édifices, des pierres d'une grandeur extraordinaire, portant horizontalement sur des murs, des piliers ou des colonnes. Dans la construction des temples qu'ils érigèrent, les Grecs imitèrent les Egyptiens, chez lesquels ils paraissent avoir puisé les premiers éléments de leur architecture. Les Romains ont été les premiers à faire usage de la coupe des pierres pour établir des plates-bandes et des plafonds de plusieurs pièces; ainsi qne des arcs et des voûtes en berceau. Cette science fit de rapides progrès au moyen âge. On est émerveillé, en effet, de l'art et de l'intelligence que durent déployer les architectes de la période ogivale pour l'exécution de ces voûtes si hardies, de ces tourelles en encorbellement, de ces escaliers à jour donnant lieu à des pénétrations variées, à des trompes, à des berceaux rampants, annulaires, etc... Mais c'est surtout au XVII^e^ siècle que l'art des fortifications, basé sur un système tout nouveau de la défense des places, donna lieu à une multitude de conceptions de passages souterrains, de plates-formes en saillie, de croisements de voûtes, de jours évasés de toutes formes, pour l'exécution desquels il fallut étudier de nouvelles applications de la coupe des pierres. Les praticiens eurent à réaliser des courbes irrégulières de toute espèce, des pénétrations de voûtes dans tous les sens; ils durent enfin contourner la pierre de façon à effectuer l'objet spécial proposé, dans l'emplacement circonscrit que l'on voulait occuper. Aussi, la manière de préparer, de couper la pierre, de la mettre en place, devint-elle un art compliqué, qu'il fallut traduire en principes invariables. Jusqu'à la Renaissance, il n'avait paru aucun traité sur cette matière, qui constituait une sorte de science occulte, connue seulement d'ouvriers intelligents, lesquels en faisaient un mystère et ne communiquaient leur savoir qu'à de certaines conditions. De là, sans doute, l'origine de ces associations de compagnons, dites du *devoir*, sorte de franc-maçonnerie dont les membres prenaient le nom de *cotterie*. Philibert de l'Orme passe pour le premier qui ait écrit sur l'art de la coupe des pierres dans son traité d'architecture de 1567. Après lui, plusieurs auteurs abordèrent le sujet avec plus ou moins de succès et enfin, en 1737, Frézier, directeur des fortifications sous Louis XV, publia une *Théorie de la coupe des pierres et des bois*, reproduisant tout ce qui avait été dit avant lui et donnant un grand nombre de pièces inconnues jusqu'alors dans la pratique, mais écrit spécialement pour le génie militaire.

Parmi les traités modernes les plus estimés nous citerons celui de Leroy, qui, s'occupant presque uniquement des voûtes, parcequ'elles offrent l'occasion de tailler des faces planes et courbes de tout genre, définit ainsi qu'il suit les opérations de la *Coupe des pierres* : « 1° Trouver le mode de division le plus avantageux pour partager une voûte en *voussoirs*, c'est-à-dire en parties qui, sous un volume médiocre, soient d'une forme telle que, réunies dans un certain ordre et simplement juxtaposées, elles se soutiennent mutuellement, comme si elles ne faisaient qu'un seul corps : c'est ce qu'on appelle tracer l'*appareil* de la voûte. 2° Déterminer les contours et les dimensions de toutes les faces de chaque voussoir, faces dont les limites sont les intersections de diverses surfaces connues à l'avance. 3° Appliquer le trait sur la pierre, c'est-à-dire parvenir à donner aux matériaux bruts que l'on emploie les formes qui viennent d'être trouvées pour les faces des voussoirs. »

La première de ces opérations varie avec la

forme de la voûte, qui a été déterminée à l'avance, en vertu des conditions de stabilité et de convenances qu'exigent la place et l'usage auxquels on destine cette voûte. Toutefois, il est une règle générale à laquelle on ne doit déroger que pour des motifs graves et dans des constructions peu importantes : c'est de rendre les *joints* (c'est-à-dire les faces de contact des voussoirs entre eux) normaux à l'*intrados*, qui est la surface intérieure et visible de la voûte. En effet, si cette condition n'était remplie, de deux voussoirs adjacents, l'un présenterait nécessairement un angle obtus et l'autre un angle aigu ; or, ce dernier angle n'étant pas susceptible d'une résistance aussi grande que le premier, il arriverait que quand la voûte serait décintrée et abandonnée aux effets de son poids, les réactions mutuelles des voussoirs feraient éclater l'angle le plus faible, au détriment de la décoration et même de la stabilité de la voûte en question.

La seconde opération est effectuée par un ouvrier spécial, nommé *appareilleur*, et s'exécute de la manière suivante : cet ouvrier choisit un mur parfaitement plan, ou le prépare ainsi en y appliquant une couche de plâtre bien dressée à la règle, et il y trace les données de l'épure, dans des dimensions égales à celles de la voûte projetée. Ensuite, par les procédés de la géométrie descriptive, il y détermine les lignes qui forment le contour de toutes les faces de chaque voussoir, d'abord en projection, puis en vraie grandeur, en rabattant les faces qui sont planes et en développant celles qui sont développables et, par là, il se procure tous les panneaux nécessaires pour l'application du trait sur la pierre. Pour former ces panneaux, il chantourne et découpe sur l'épure des modèles en carton, en tôle, en lattes et en voliges. On appelle *panneau de tête* celui qui donne la face ou l'élévation des voussoirs ; *panneau de lit ou de coupe*, celui qui est découpé sur les joints et *panneau de douelle*, celui qui forme la concavité des voussoirs. L'appareilleur a, de plus, le soin, pour guider le *poseur*, de marquer, par un signe particulier, le lit de dessus, le lit de pose et les parements de chaque pierre.

La troisième opération, ou l'application du trait sur la pierre, varie suivant les cas, mais s'effectue d'une manière générale, *par panneaux* ou *par équarrissement*. La première méthode consiste à tailler la pierre sur toutes les faces, selon le tracé des panneaux, en prenant le soin de fixer avec la *fausse équerre* (V. Equerre) les ouvertures d'angle de deux surfaces contiguës. Ce système exige l'emploi d'une multitude de panneaux. Aussi procède-t-on quelquefois *par équarrissement*, c'est-à-dire qu'avant de donner à la pierre la forme qu'elle doit avoir, on lui fait subir des tailles préparatoires : on en fait d'abord un cube ou un parallélipipède, dans lequel on peut prendre le solide ; ensuite on trace sur chacune des faces planes préparées la projection des surfaces obliques de la figure que l'on se propose de former, et l'on retranche tout ce qui excède, pour obtenir les contours des projections de l'épure, en abattant la pierre superflue. Cette seconde méthode donne lieu à un déchet de pierre considérable et exige fréquemment deux tailles préparatoires ; c'est donc à l'appareilleur à juger, suivant les cas, s'il doit employer les panneaux ou s'il peut s'en passer. Quant à la taille même *de la pierre*, elle est faite par un ouvrier spécial et demande des procédés d'exécution tout particulier. — V. Taille. — F. M.

I. **COUPÉ**. *T. de carross.* Voiture bourgeoise à quatre roues, à deux ou à quatre places, et qui se fait sur un grand nombre de modèles ayant chacun ses avantages particuliers. || *Art hérald.* On appelle *écu coupé*, un écu divisé par une ligne horizontale en deux parties égales d'émaux différents.

II. **COUPÉ**. *T. de chem. de fer.* Compartiment spécial, ménagé à l'extrémité de la caisse d'une voiture de chemins de fer, et contenant généralement un moins grand nombre de places que les compartiments ordinaires. Les coupés, qui sont des places dites *de luxe*, ont été imités des anciennes diligences ; mais ils n'en ont pas les avantages, puisque la vue y est généralement masquée par la voiture voisine. Les anciens coupés ne différaient des compartiments ordinaires que par

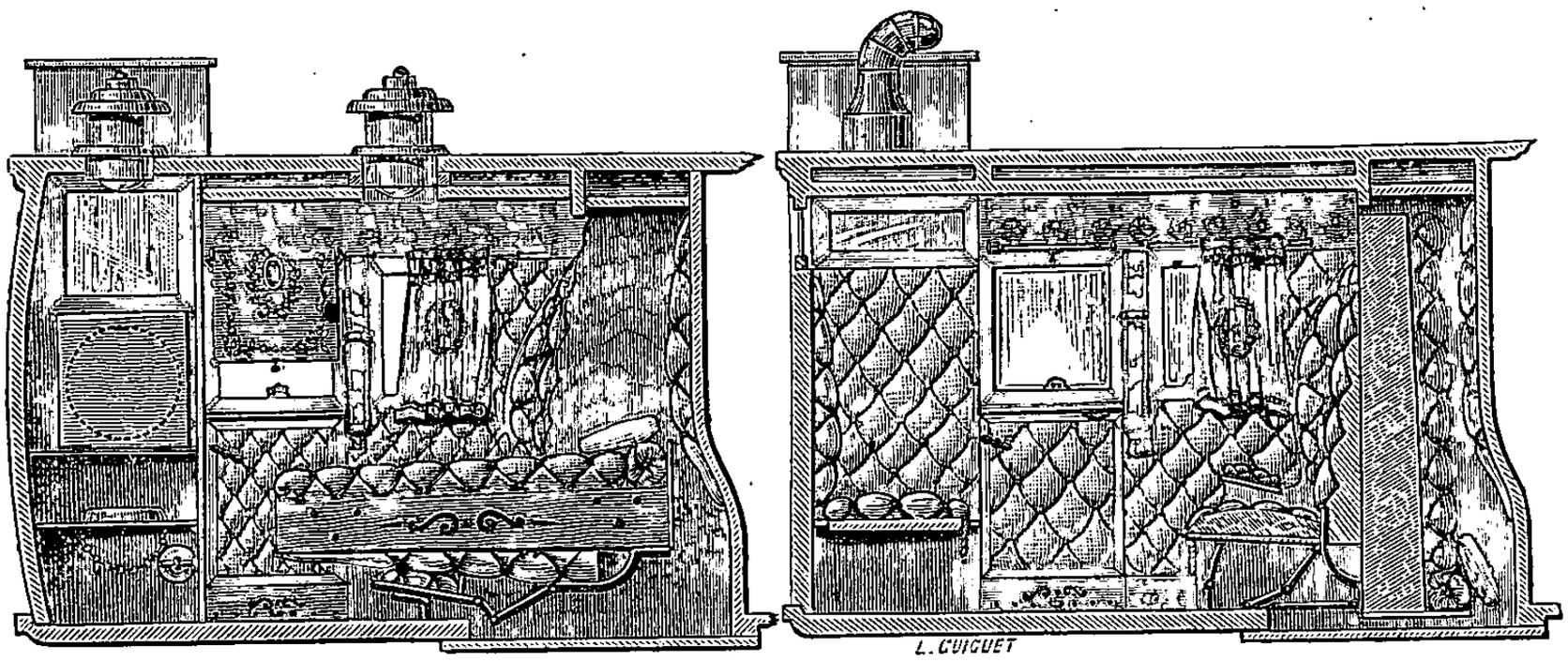


Fig. 585. — *Disposition intérieure d'un coupé-lit.*

l'addition de glaces, de patères et de tablettes. Ceux que l'on construit aujourd'hui et qui sont plus connus sous le nom de *coupés-lits* (fig. 585), sont disposés de manière que le dossier de chaque place peut, en basculant autour d'un parallélogramme articulé, se transformer en une couchette parallèle à la voie. Il suffit de tirer sur une poignée, placée à la hauteur du filet, pour opérer cette transformation. L'installation est complétée par l'addition d'un petit cabinet renfermant une toilette et des water-closets. Ce type est celui qui paraît définitivement adopté sur les réseaux du Nord, d'Orléans, de Paris-Lyon-Méditerranée et de l'Est, sauf quelques différences de détail. Le croquis ci-dessus indique la disposition du *coupé-lit-toilette*, en service au chemin de fer du Nord, moyennant un supplément de taxe de 15 francs par place, quelle que soit la longueur du parcours. Ailleurs, cette majoration de taxe se calcule d'après une base qui varie entre 1/10 et 1/3 du prix d'une place de première classe.

***COUPE-CERCLE.** *T. techn.* Sorte de compas dont l'une des branches est tranchante.

***COUPE-FOIN.** *T. techn.* Instrument d'agriculture au moyen duquel on entame les meules de foin par fractions verticales.

***COUPE-GAZON.** *T. techn.* Instrument d'horticulture qu'on emploie pour couper le gazon ; il est composé d'un disque de fer à bords tranchants, roulant sur son essieu fixé à un manche de bèche, terminé par une poignée ou une béquille.

***COUPE-LÉGUMES.** *T. techn.* Instrument composé d'une ou plusieurs lames, pour couper les légumes en menus morceaux, ou en morceaux de formes déterminées. Pour la préparation des juliennes, on se sert d'un outil appelé *coupe-julienne*, et composé d'une ou plusieurs lames logées dans une planchette percée d'une fente; les légumes passés sur ces lames se divisent en menus filaments et passent par la fente pour être reçus dans un vase.

COUPELLATION. *T. de chim.* Opération qui a pour but de séparer, de l'argent ou de l'or, les métaux étrangers usuels qu'ils peuvent contenir. Le procédé de la coupellation a uniquement servi pour les essais d'argent, jusqu'en 1832, époque à laquelle Gay-Lussac a décrit une autre méthode, dite *par voie humide*, par opposition au procédé par la *voie sèche*, ou *coupellation*.

La coupellation se pratique en grand pour la désargentation du plomb d'œuvre, ou dans les laboratoires, pour les essais d'argent: elle repose toujours sur ce fait, que les métaux étrangers étant oxydables à la température de fusion de l'argent, et tous plus ou moins solubles dans l'oxyde de plomb, lequel fond au rouge, on peut facilement séparer ce dernier de l'argent métallique, soit en l'entraînant au dehors, soit en le faisant absorber par une matière poreuse. — V. ARGENT, § *Traitement des plombs argentifères*, ESSAI DES MATIÈRES D'ARGENT.

COUPELLE. *T. de chim.* Petit creuset qui sert à la *coupellation*.

***COUPE-MARIAGE.** *T. de filat.* — V. CASSE-MARIAGE.

***COUPE-NET.** *T. techn.* Sorte de pince pour couper les fils métalliques.

***COUPE-PAILLE.** — V. HACHE-PAILLE.

***COUPE-PAPIER.** Couteau à deux tranchants mousses, en métal, en bois ou autres matières avec lequel on coupe le papier, après l'avoir plié; on dit aussi *couteau à papier*. || Instrument du brocheur et du relieur, pour rogner le papier.

COUPER. *T. techn.* Tailler d'après certaines règles. || *Couper l'or.* Diviser une feuille d'or en quatre parties, et amener chacune d'elles par le battage à la dimension de la feuille divisée. || *Couper la pâte.* C'est, en céramique, l'opération du coupage.

***COUPE-RACINES.** Instrument qui sert à diviser les racines ou les tubercules destinés à l'alimentation des animaux domestiques (A) ou à certaines industries agricoles (B).

A. **Coupe-racines agricoles.** On ne peut pas donner au bétail les racines et les tubercules en entier tels qu'on les retire du sol : il faut nécessairement les couper en morceaux plus ou moins volumineux, qui, mélangés avec du foin ou de la paille hachée, constituent une très bonne ration alimentaire, surtout lorsque le mélange a subi une légère fermentation qui, d'ailleurs, ne tarde pas à s'y déclarer.

Lorsqu'on a une petite exploitation nourrissant 2 ou 3 têtes de bétail, il est avantageux d'employer le coupe-racines à main, composé d'une lame de $0^m,10$ de largeur contournée de façon à former en plan un S de $0^m,20$ de longueur qui vient se fixer à l'extrémité d'un manche de bois ($1^m,20$) par l'intermédiaire d'une douille; — on le manœuvre dans le sens vertical en le laissant tomber sur les racines disposées sur un plancher ou dans un baquet. Dans quelques fermes on se sert encore d'instruments composés d'une planche inclinée, se mouvant dans des glissières au-dessous d'une trémie dans laquelle les racines sont jetées. Cette planche porte une lame à double tranchant placée dans une lumière oblique; elle est munie d'une poignée à l'aide de laquelle l'ouvrier l'anime d'un mouvement alternatif. Lorsque la quantité de racines devient plus importante, on a recours aux coupe-racines mécaniques. Le plus simple (fig. 586) se compose d'un disque ou plateau vertical en fonte fixé sur un arbre horizontal, mis en mouvement par une manivelle; ce disque est percé, suivant la direction de ses rayons, d'ouvertures étroites et à parois inclinées appelées lunières, et contre lesquelles viennent se fixer les lames tranchantes. A l'arrière du disque se trouve une trémie dont le fond est incliné vers le disque formant paroi. Les formes de trémies sont variables, on les a quelquefois construites en bois et en prismes triangulaires, il est préférable de les faire en fer ou en fonte, percées de trous circulaires ou rectangulaires formant épierreurs. Les racines jetées dans la trémie, descendant par leur poids, vien-

nent s'appuyer contre le plateau, et dans leur mouvement de rotation, les couteaux tranchent la racine sur une épaisseur égale à la saillie de la lame à l'intérieur du disque. Dans certaines machines les couteaux sont fixés suivant le sens des

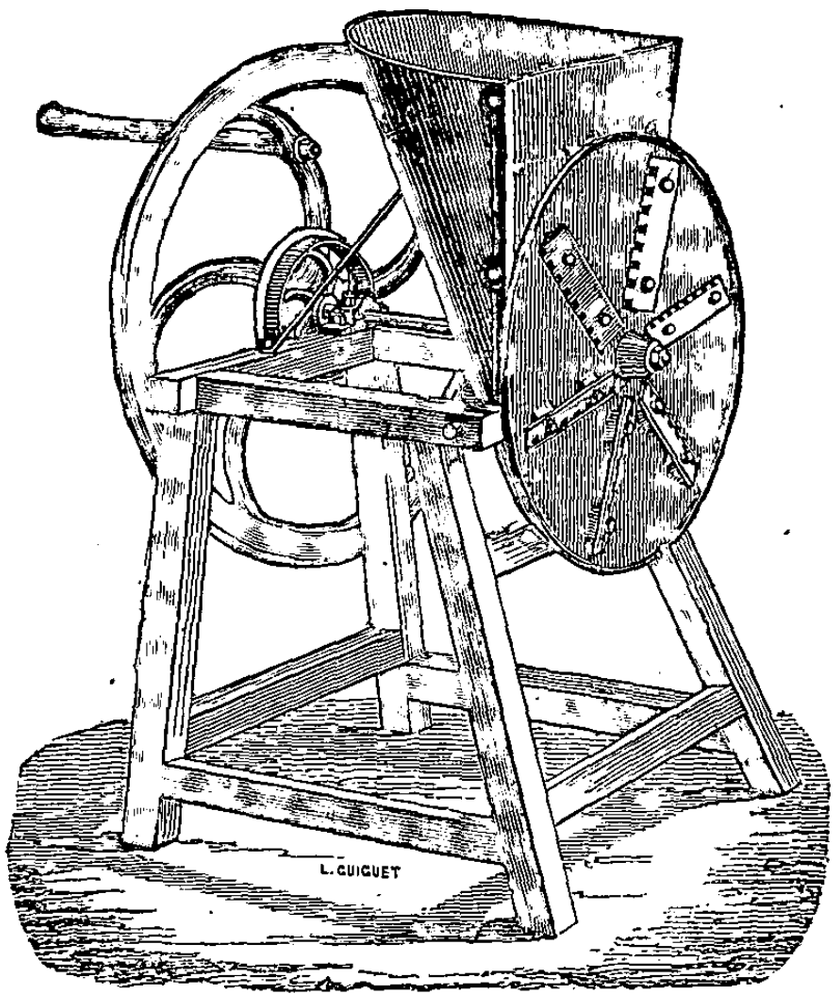


Fig. 586.

génératrices sur un cône ou sur un cylindre, qui dans ce cas occupe le fond de la trémie affectant la forme d'un tronc de pyramide.

Lorsqu'on veut débiter les racines en larges copeaux (*tranches*) que l'on donne ordinairement aux bêtes bovines, on se sert de lames dont le tranchant est continu ; au contraire, pour débiter en rubans (*cossettes*) pour les moutons, on se sert de lames dentées dont le tranchant interrompu forme une série de dents dont la longueur est égale à la largeur que l'on veut donner à la cossette. Ces lames sont fixées sur le disque par 2 ou 3 boulons permettant de faire varier la quantité dont le tranchant fait saillie à l'intérieur. Enfin, on peut débiter les racines en petits prismes rectangulaires portant le nom de *languettes* qui sont données par les machines du type Gardner. Dans ces machines, on emploie des lames retournées d'équerre coupant dans 2 directions perpendiculaires entre elles, disposées en retraite sur un cylindre. On a aussi fixé ces lames sur un disque circulaire (machine Hornsby) suivant une direction courbe. Ou bien on dispose, en avant d'une lame à tranchant continu, droite ou courbe, une série de petits couteaux présentant un tranchant normal à la direction du précédent, elles découpent les tranches en lignes parallèles et les transforment en languettes. Les languettes ont pour longueur la plus grande que l'on peut obtenir dans la racine suivant sa position dans la trémie et pour base un rectangle qui doit avoir, suivant les animaux qui les consomment, les dimensions ci-après en millimètres : bœufs, vaches 40×15; veaux 30×13; moutons 20×20; agneaux 10×10.

Enfin, dans les grandes exploitations, on emploie des machines dites à *double-effet*. Elles se composent de 2 disques parallèles montés sur le même arbre; une trémie divisée en deux parties par une plaque mobile à charnières permettant d'envoyer les racines contre l'un ou l'autre disque, qui d'un côté les dépulpe, et de l'autre les coupe en tranches ou en cossettes. Afin d'empêcher les racines de s'éparpiller antour de l'instrument pendant la marche, on enveloppe le disque par un couvercle en tôle on en fonte.

Pour les exploitations rurales, la machine est fixée sur un bâti en fonte monté ordinairement sur quatre pieds en bois de $0^m,060 \times 0^m,070$ d'équarrissage, afin que l'arbre soit à $0^m,80$ du sol. Voici les dimensions ordinaires de ces coupe-racines :

	Coupe-racines à disque-coupeur		
	circulaire	conique	cylindrique
Diamètre du disque-coupeur	0.65	0.10-0.60	0.30
Longueur des lames	0.25	0.30	0.25
Nombre de lames	4	6	2
Angle du fond de la trémie avec l'horizon	60°	»	»

Avec ces dimensions, ces machines mues par un manœuvre font 25-35 tours par minute, voici à cette vitesse le débit *pratique* de la machine, et l'effort exercé sur la poignée d'une manivelle de $0^m,363$ de rayon, pour une bonne alimentation.

		Machines à disque	
		circulaire	conique ou cylindrique
		kil.	kil.
Poids de racines coupées en 100 tours en	tranches	25 - 32	40 - 50
	cossette.	12 - 15	18 - 24
Effort moyen exercé sur la manivelle		4 - 5	6 - 7

B. **Coupe-racines industriels.** Les sucreries qui travaillent par la diffusion, et les distilleries travaillant par la macération ou la diffusion, emploient des coupe-racines pour obtenir la division de la betterave. L'étude de ces machines peut se diviser en deux parties : 1° étude des organes débitant la betterave en cossettes. Ces organes sont communs aux deux fabrications et se nomment *couteaux* ou *lames;* 2° étude des organes destinés à porter les couteaux et à les mettre en mouvement.

1° Couteaux. On peut dire, sans crainte d'être taxé d'exagération, que du choix judicieux des couteaux dépend le succès d'une fabrication. Il faut savoir approprier les lames à la nature de la betterave et à la forme des cossettes qu'on juge la plus rationnelle pour un bon épuisement, toutes choses que l'on étudiera, d'ailleurs, au mot Diffusion. Nous allons examiner successivement les différentes formes de couteaux employés.

Les couteaux à doigts (fig. 587) sont formés d'une lame d'acier estampée; ils ont environ 6 à 10 millimètres de tranchant et les doigts, qui sont inclinés vers le tranchant dans le modèle allemand, sont espacés d'un égal intervalle. Ces couteaux n'agissant que sur la moitié de leur longueur totale sont dits à demi-coupe, et le rendement de la machine est moitié de celui qui serait obtenu avec des couteaux à tranchants continus.

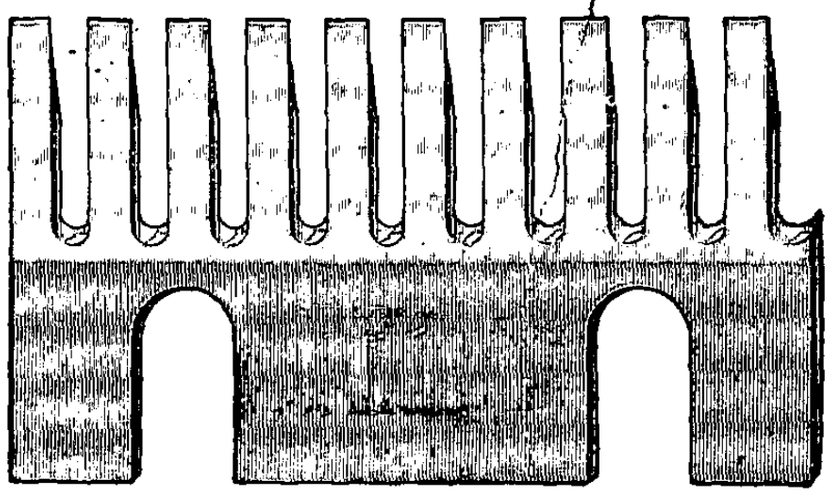


Fig. 587. — *Couteau à doigts, dent à gauche, forme française et autrichienne.*

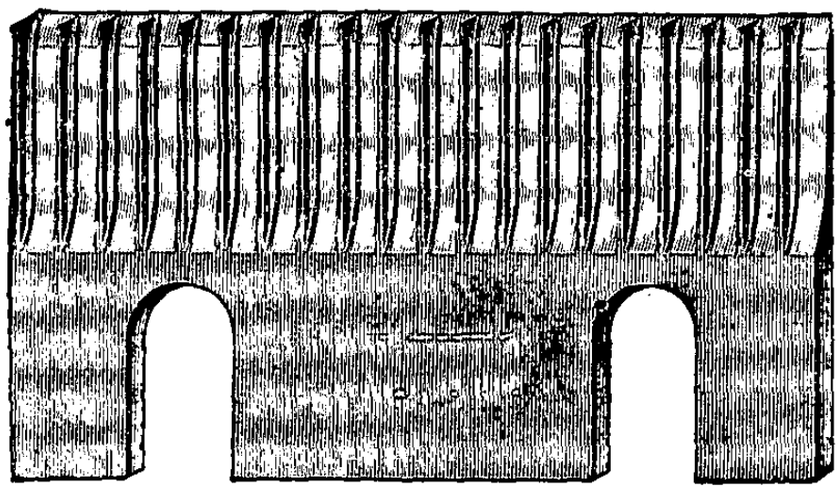


Fig. 588. — *Couteau Napravil ou à lamelles.*

Comme ces doigts arrachent toujours les côtés latéraux de la cossette, on emploie quelquefois une lame ondulée de façon à présenter des couteaux alternants venant se réunir à la lame par des bords inclinés; les cossettes ainsi obtenues

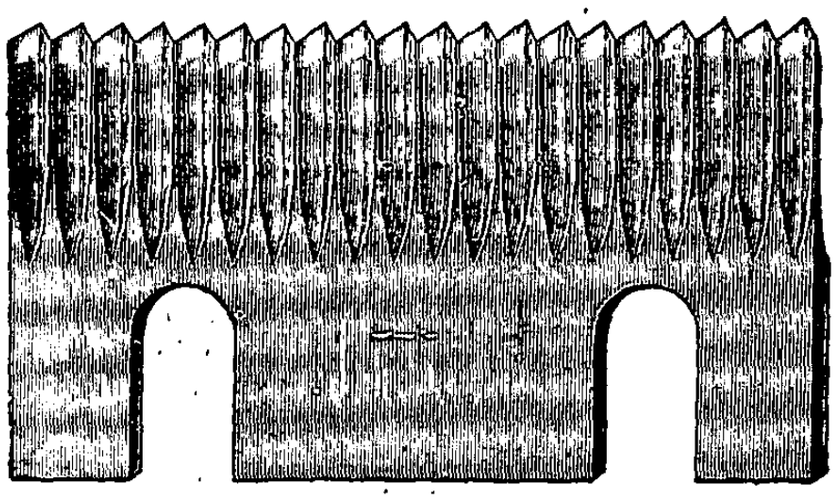


Fig. 589. — *Couteau Goller et Wasgestichan.*

ont une base trapézoïdale. Comme précédemment, ces couteaux travaillent sur la moitié de leur largeur. Le couteau à lamelle (ou Napravil) (fig. 588) se compose d'une lame à tranchant continu, faite avec une plaque de tôle d'acier, sur laquelle font saillie, normalement à ce tranchant, d'autres lames; la première découpe la racine en tranches, et les autres coupent celle-ci en *lamelles;* l'écartement des petites lames en saillie varie suivant les dimensions que l'on veut donner aux cossettes. Le couteau Goller travaille à moitié coupe; il est

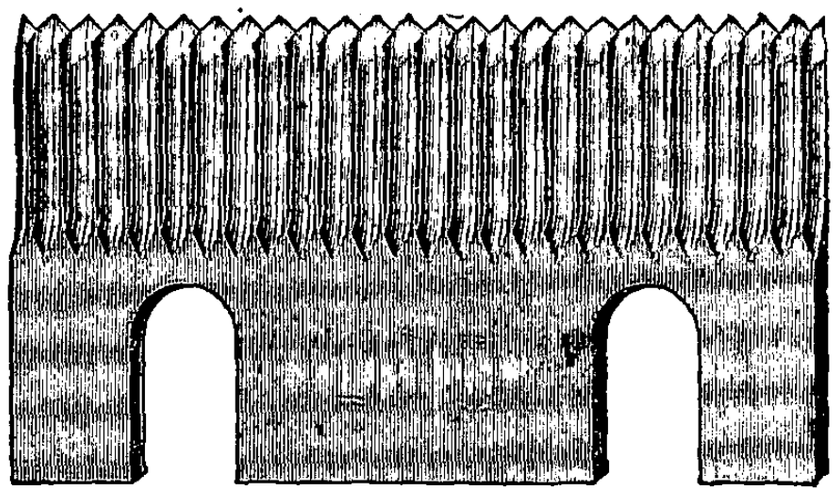


Fig. 590. — *Couteau faîtière.*

formé d'une lame ondulée dont la figure 589 donne la disposition.

Le couteau faîtière travaille à coupe entière. Il a la forme représentée par la figure 590.

Citons encore les couteaux Wannieck à demi-coupe, constitués par une lame ondulée en tôle d'acier fondu, et dont nous donnons ci-dessous le dessin (fig. 591).

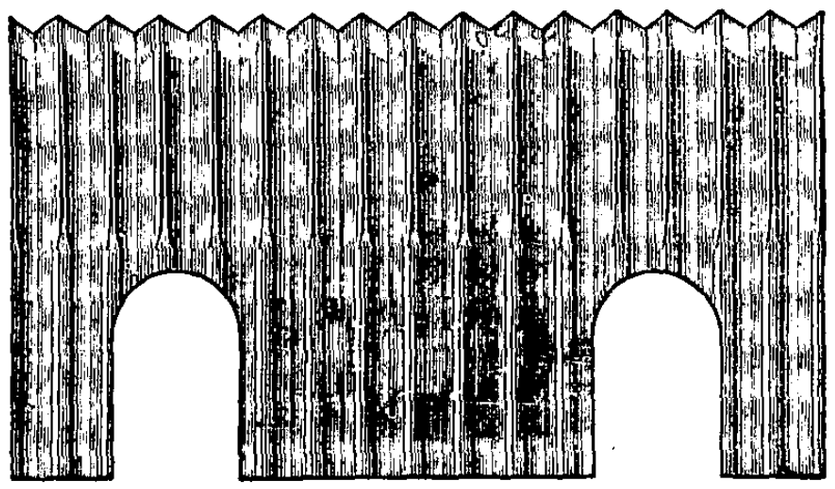


Fig. 591. — *Couteau Wannieck ondulé.*

Il existe enfin beaucoup d'autres couteaux : les uns (couteaux Boulnois, à sections combinées) sont formés par l'assemblage des différentes sortes de couteaux ci-dessus décrits, les autres, couteaux W, couteaux double-faîtière, couteaux à ancre, couteaux croissants, etc., sont le résultat de recherches spéciales et présentent des sections combinées de façon à donner un travail que chaque fabricant croit le meilleur. L'épaisseur des lames varie, suivant le travail quelles ont à accomplir, de 3 à 7 millimètres ; leur longueur de $0^m,13$ à $0^m,15$, leur largeur de $0^m,07$ à $0^m,09$. Ces lames sont travaillées sur la moitié de leur hauteur environ. Elles portent deux échancrures allongées, distantes de $0^m,07$ à $0^m,10$ et dans lesquelles glissent les boulons devant les fixer.

Les couteaux doivent être assez fréquemment affûtés pour donner toujours une section très nette de la betterave. L'opération s'effectue soit à la main avec des limes dont les formes varient avec la forme du couteau employé, limes plates pour les couteaux à doigts, limes carrées, triangulaires, plates pour les couteaux Napravil, limes triangulaires pour les couteaux Goller, limes

plates à carres triangulaires, triangulaires, carrées pour les faîtières, etc. Les lames sont fixées dans un étau à main ou saisies dans un mordage à chanfrein, et l'ouvrier qui affûte s'assure de la régularité de son travail à l'aide de règles, de calibres et de gabarits.

On construit maintenant des machines à l'aide desquelles le travail s'effectue d'une façon plus régulière et plus rapide qu'avec la lime. Ces machines qui rendent de réels services et dont le prix est relativement peu élevé commencent à entrer couramment dans la pratique.

2° La seconde partie de cette étude comprend, comme nous l'avons dit, la description des organes qui portent les couteaux et qui les mettent en travail. Les coupe-racines peuvent se diviser en deux classes, l'une dans laquelle les lames sont fixes et l'autre dans laquelle elles sont montées sur un disque horizontal ou vertical, calé sur un arbre auquel on transmet, soit par engrenages, soit par poulies, un mouvement de rotation plus ou moins rapide, suivant les dimensions et le système de l'appareil.

COUPE-RACINES A DISQUE HORIZONTAL. Dans les sucreries qui travaillent par la diffusion, le coupe-racines est généralement à plateau horizontal. Cette disposition est presque toujours nécessitée par le mode d'installation de la batterie (V. DIFFUSION) et, en outre, par les dimensions relativement grandes du plateau qui peut atteindre un diamètre de 1m,20. Ce plateau est en fonte, d'une épaisseur de 0m,04 à 0m,06, soigneusement tourné; il est percé d'un certain nombre d'ouvertures rectangulaires (8, en général) dans lesquelles viendront s'engager les boîtes à couteaux dont nous parlerons plus loin. Ce plateau tourne dans une cuvette en fonte consolidée par des bras en fonte qui, à leur point de jonction au centre de la cuve, reçoivent la crapaudine dans laquelle tourne l'arbre sur lequel est calé le plateau. On jugera de l'importance de ces machines, quand nous aurons dit que, pour un travail de 200,000 kilogrammes de betteraves en vingt-quatre heures, le coupe-racines avec sa transmission par engrenage pèse environ 2,500 kilogrammes.

Nous avons dit plus haut que le plateau portait des ouvertures rectangulaires. Ces ouvertures, dont l'axe longitudinal est dirigé suivant le rayon du plateau, reçoivent les boîtes à couteaux. Ces boîtes sont des cadres rectangulaires en fer ou en acier fondu. Introduits dans l'ouverture du plateau, ils reposent par leur partie inférieure sur des réglettes en fer, vissées au-dessous du plateau et débordant légèrement l'ouverture, la partie supérieure affleure exactement la face supérieure du plateau.

L'un des deux côtés sert de porte-lame; à cet effet, il présente en coupe la forme d'un triangle rectangle, et c'est sur l'hypothénuse que sont fixées les lames; l'autre côté a une section rectangulaire et porte la contre-plaque ou réglette dont on peut, à l'aide de vis, faire varier le niveau, pour donner, entre la lame et la contre-plaque, une distance correspondant à l'épaisseur de la cossette à obtenir. On tend à supprimer ces contre-lames, dont le réglage est assez délicat, et on donne une fois pour toutes, à la face qui doit porter les lames, une inclinaison moyenne; on peut faire varier l'épaisseur des cossettes en faisant glisser le couteau dans les encoches qu'il porte. Ces porte-couteaux d'une seule pièce donnent de très bons résultats et présentent une grande facilité de manœuvre. Les lames étant montées, on peut, en trois minutes, remplacer les huit boîtes en service par d'autres portant des lames nouvellement affûtées.

Disons enfin que l'on peut encore monter les lames directement sur le disque, mais ce procédé tend à disparaître, car le démontage des lames est beaucoup moins expéditif. Les betteraves sont amenées dans le coupe-racines par une trémie constituée par un cylindre ou un tronc de cône dont le plateau occupe le fond. Cette trémie est divisée en deux ou trois compartiments par des plans inclinés hélicoïdaux dans le sens du mouvement, afin d'arrêter les racines et les empêcher de rouler sur le disque et de se soustraire ainsi à l'action des lames.

COUPE-RACINES A DISQUE VERTICAL. Le disque est monté directement sur l'arbre moteur horizontal qui porte les poulies; en arrière du disque, se trouve la trémie dont le fond tend à se rapprocher de plus en plus du disque coupeur, sur lequel les couteaux peuvent être montés de différentes façons. Si la lame est droite, on la fixe obliquement sur le disque et à l'extérieur, au moyen de boulons qui la pressent contre une embase venue de fonte et faisant corps avec le disque. La lame fait saillie à l'intérieur d'une quantité, représentant l'épaisseur de la cossette qui sort par la lunière. Lorsque la saillie doit pouvoir varier, on perce les lames de trous rectangulaires, qui permettent de l'avancer plus ou moins; mais ordinairement on marche avec une épaisseur de cossettes constante; dans ce cas, les trous sont circulaires, ce qui d'ailleurs maintient la lame plus solidement fixée. Comme il est très important, au point de vue de la dépense de force motrice, que l'angle du coin formé par la lame avec la direction du mouvement soit aussi petit que possible, on emploie avec avantage des couteaux à doigts courbes. Enfin on les monte à l'intérieur du disque, en arrière de la lumière; avec ce système, l'angle de coupe est encore plus petit que précédemment; la lame ployée donne un montage encore plus facile que la lame droite. Les lames sont maintenues par des boulons à tête fraisée, vissés dans le plateau et serrés par un écrou sur la paroi extérieure, afin d'empêcher le desserrage pendant la marche. Dans les premières machines construites, la trémie n'allait qu'au centre du disque, qui travaillait sur le 1/3 de sa surface totale; d'un autre côté, la poussée des betteraves, agissant contre une partie du disque, le faisait déjeter, le poussait à s'éloigner de la trémie et fatiguait l'arbre dans ses paliers. M. Albaret a apporté un notable perfectionnement à cette machine: la trémie en fonte vient s'enrouler en spirale autour du plateau; de cette façon, celui-ci agit non seulement en coupant les racines qui descendent par la pesanteur sur la 1/2 du

disque, mais en entraînant une grande partie dans la seconde portion de la trémie ; par cette disposition, la surface de travail est environ les 4/5 de celle du disque. L'arbre est porté par deux paliers, dans les machines travaillant 240,000 à 100,000 kilogrammes par vingt-quatre heures, l'un placé à l'arrière de la trémie, l'autre en avant de la hotte, sur une solide traverse de chêne de $0^m,15$ d'équarrissage. Les cossettes, projetées latéralement par le mouvement de rotation, s'éparpillent sur le sol ; pour les forcer à tomber au pied de la machine, on dispose à l'avant du disque une enveloppe ou hotte en tôle, fixée au bâti par deux charnières, afin qu'on puisse l'ouvrir facilement pour surveiller ou nettoyer la machine. La figure 592 qui représente l'ensemble du coupe-racines Albaret travaillant de 48,000 à 50,000 kilogr. par jour, montre la forme de la trémie en coquille d'escargot; elle est munie à l'arrière d'un prolongement formant un long palier à l'arbre, portant à l'une de ses extrémités le plateau, et à l'autre les poulies; à l'arrière, on voit la hotte en tôle. La vitesse moyenne de ces machines est de 300 à 350 tours à la minute. Le diamètre du disque étant $0^m,60$, $0^m,80$, $1^m,20$, portant 6-6-12 lames, débite, par heure, 2,000, 4,000 et 10,000 kilogrammes de betteraves. La machine n'exige qu'un cheval-vapeur pour un travail de 50,000 kilogrammes de racines par jour.

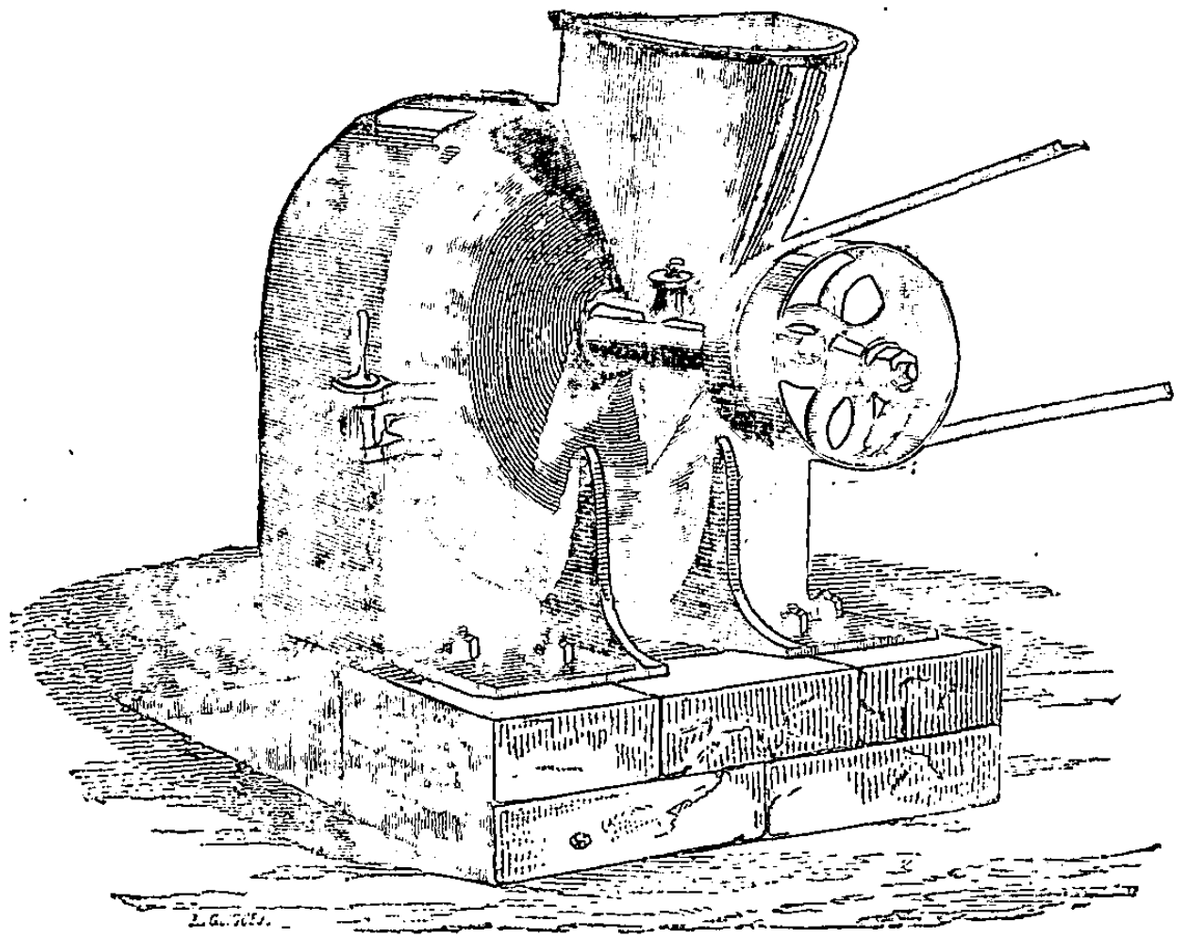


Fig. 592.

Coupe-racines a disque cylindrique fixe. Les lames sont montées dans des boîtes ou fixées directement, suivant les génératrices d'un cylindre fixe ayant leur tranchant à l'intérieur. Les betteraves arrivent dans ce cylindre par une trémie formant une des parois et sont entraînées, sur toute la surface intérieure, par un poussoir formé de deux palettes fixées sur un disque occupant l'autre fond du cylindre, monté sur un arbre horizontal faisant 300 tours par minute. Les racines ainsi soumises à l'action de la force centrifuge s'appuient sur les lames qui les rabotent en cossettes; mais cette disposition (machine Champonnois) doit absorber plus de force motrice, et l'instabilité des racines empêche d'obtenir des cossettes longues et une coupe aussi régulière qu'avec une machine à trémie fixe.

Fondation. Ces machines sont fixées sur un solide châssis en pièces de charpente de $0^m,20 \times 0^m,15$, rendu invariable par des écharpes de $0^m,10 \times 0^m,10$; le tout est encastré dans un massif de maçonnerie dont les fondations ont de $0^m,60$ à $0^m,80$ de profondeur, et élevé au-dessus du sol de l'usine, afin que le débouché des cossettes se trouve à $0^m,40$ ou $0^m,60$ du plancher, d'où elles tombent soit sur un plan incliné à distributeur automatique, soit dans des wagonnets à fond mobile roulant au-dessus des cuves de macération ou des batteries de diffusion.

Marche de la machine. Il faut que la trémie soit constamment maintenue pleine de racines, sinon les betteraves, tombant d'une certaine hauteur sur les couteaux, peuvent les fausser ou les briser. L'espace nuisible entre le bord de la trémie et le plateau, s'agrandissant peu à peu, laisse passer les dernières parties de la betterave en lanières (semelles) plus ou moins épaisses, qui sont impropres à subir d'une façon complète l'action de la diffusion ; pour remédier à cet inconvénient, on interpose, entre le disque et le fond de la trémie, une plaquette de bois (fixée sur cette dernière) de $0^m,010$ à $0^m,015$ d'épaisseur, facilement remplaçable.

Rendement. Dans les machines horizontales, les betteraves exercent une poussée plus grande que dans celles verticales, où la pression des racines sur le disque est plus faible que leur poids, grâce à la décomposante qui a lieu sur le fond incliné de la

trémie. La force motrice nécessaire (pour un même débit) à la marche d'une machine à disque vertical est à celle employée par un disque horizontal dans le rapport de 0,86 à 1,00. On admet, en moyenne, que pour débiter 50,000 kilogrammes de racines par vingt-quatre heures, il faut, pour une machine à disque vertical, une force de 1 cheval vapeur, la vitesse de rotation du plateau variant entre 200 et 350 tours par minute. — M. R.

COUPERET. *T. techn.* Sorte de hache, large et courte, qui sert à couper la viande dans les boucheries et dans les cuisines. || Couteau de la guillotine. || Outil de l'émailleur, pour couper les fils d'émail. || Marteau de paveur, qui sert pour refendre le pavé.

***COUPERIE.** *T. techn.* Atelier où se fait le coupage des poils pour la fabrication des chapeaux.

COUPEROSE. *T. de chim.* On désignait autrefois sous les noms de *couperose blanche, couperose bleue, couperose verte,* les sels que nous appelons, dans la nomenclature actuelle, *sulfate de zinc, sulfate de cuivre, sulfate de fer.* Ces noms anciens sont encore très usités aujourd'hui dans les industries chimiques et dans les ateliers de teinture. Il ne sera question ici que des qualités distinctives des couperoses, de leurs préparations industrielles et de leurs usages généraux. Pour les propriétés chimiques particulières des sels purs correspondants, nous renverrons aux SULFATES DE ZINC, DE CUIVRE ET DE FER, et pour leurs modes d'emploi, à l'article TEINTURE.

Couperose blanche. *Vitriol blanc (sulfate de zinc).* La couperose du commerce se présente tantôt en masses saccharoïdes, ou en plaques épaisses, tantôt en petites aiguilles. Elle est toujours impure; le sulfate de fer qu'elle contient, et qu'il est très difficile de lui enlever complètement, lui donne une légère teinte jaune. Pour purifier la couperose, on fait passer un courant de chlore dans sa dissolution et bouillir celle-ci sur de l'oxyde de zinc qui se dissout en précipitant l'oxyde de fer. On peut facilement constater la présence du fer dans une couperose, par les réactifs suivants : la teinture de noix de Galle noircit la dissolution; le prussiate de potasse la bleuit. La dissolution de couperose *pure* est remarquable en ce qu'elle donne des précipités *blancs* avec tous les réactifs, sauf le prussiate de potasse, qui donne un précipité jaune clair.

Sous le nom de *vitriol de Goslar* (Hongrie), on obtient en grand la couperose, comme produit accessoire du traitement de la blende (sulfure de zinc). Le minerai grillé au contact de l'air se sulfatise. On le projette, rouge encore, dans des réservoirs pleins d'eau. Par des lessives méthodiques et par évaporation, on amène les liquides à cristallisation. Le sel brut résultant est ensuite lavé avec le moins d'eau possible, et fondu dans son eau de cristallisation, on enlève alors les impuretés sous forme d'écume; on coule le sel dans des moules sous forme de plaques carrées d'environ $0^m,1$ d'épaisseur, du poids de 5 à 10 kilogrammes, qu'on expédie dans des fûts de 200 à 300 kilogrammes. Quand le sel doit servir à la fabrication de l'acide sulfurique fumant, le mélange des couperoses de zinc et de fer est calciné dans des cornues de terre; le résidu donne du colcothar et de la couperose blanche. Celle-ci est enlevée par des lavages et mise à cristalliser.

De grandes quantités de couperose blanche se retirent des résidus de piles électriques qui consomment du zinc. On ne prépare pas directement la couperose par l'action directe de l'acide sulfurique sur le zinc; les sources dont nous venons de parler la donnent à plus bas prix.

Usages. Les fabricants d'indiennes font une grande consommation de couperose blanche pour la composition de certaines *réserves*. Cependant, ils la remplacent souvent par l'azotate et le chlorure de zinc. Les vernisseurs l'utilisent pour rendre l'huile siccative et pour préparer la couleur connue sous le nom de *blanc de zinc,* qui n'est autre que du carbonate de zinc obtenu en versant du carbonate de soude en excès dans la solution de sulfate de zinc. On sait que les peintures au blanc de zinc (oxyde ou carbonate) ont l'avantage de ne pas noircir par les émanations sulfureuses et de n'exercer aucun effet fâcheux sur la santé des ouvriers.

Couperose bleue. *Vitriol bleu, vitriol de Chypre, vitriol de Vénus (sulfate de protoxyde de cuivre).*

PRÉPARATION. *1re méthode.* Elle consiste dans le traitement des pyrites cuivreuses, c'est-à-dire en un grillage, puis une exposition à l'air pour les sulfatiser, et en lixiviation pour en extraire les matières solubles, qu'on purifie ensuite par cristallisation. D'ailleurs, cette méthode est peu usitée. *2e méthode.* On prend de vieilles lames de cuivre hors d'usage, on les trempe dans l'eau et on les saupoudre de soufre. Portées dans un four de forme spéciale, ces lames restent exposées à une chaleur de 500 à 600°. Le soufre brûle; il se forme, par suite de cette combustion, une couche de sulfure et de sulfate de cuivre sur les lames. Celles-ci, encore chaudes, sont plongées dans une cuve pleine d'eau, qui dissout les composés solubles. Les lames sont à nouveau saupoudrées de soufre et prêtes pour une nouvelle opération. La solution de sulfate est évaporée et mise à cristalliser. Le mélange contient généralement des sulfates de fer et de zinc. *3e méthode,* ou *méthode directe.* Elle consiste à traiter par l'acide sulfurique les planures ou tournures et rognures de cuivre. Dans une cuve en bois, doublée de plomb, on verse une quantité calculée d'acide sulfurique du commerce, dont on élève la température, au moyen d'un serpentin à vapeur; dans cet acide, on projette par portions les tournures de cuivre qui se dissolvent en produisant un dégagement abondant d'acide sulfureux, qu'on utilise pour la fabrication des sulfates alcalins. Quand la solution est suffisamment concentrée, on la fait écouler dans un cristallisoir, où se dépose, au bout de quatre ou cinq jours, une abondante cristallisation de couperose bleue. On peut rattacher à cette méthode la production assez considérable de sul-

fate de cuivre, par l'affinage des métaux précieux, le dérochage, le décapage des objets en cuivre destinés à l'argenture et à la dorure. Les liquides employés dans ces opérations et dans d'autres analogues, donnent, par leur concentration, des cristaux de sulfate de cuivre assez purs.

On trouve dans le commerce trois sortes de *vitriols bleus*, qu'il faut savoir distinguer :

1° Le sulfate de cuivre pur ou presque pur, *vitriol de Chypre* proprement dit. Il est en gros cristaux d'un beau bleu pur azuré, en forme de parallélipipèdes obliques plus ou moins modifiés sur les arêtes et sur les angles opposés ; efflorescents à l'air humide, ils perdent leur eau de cristallisation à 100° ; chauffés à 200°, ils deviennent blancs et anhydres, puis reprennent leur couleur bleue, si on les humecte d'eau. Ces cristaux se dissolvent dans 4 parties d'eau froide et dans 2 parties d'eau bouillante. Leur dissolution rougit la teinture de tournesol. Le prix de ce sel pur varie entre 106 et 110 fr. les 100 kilogr.

2° Le sulfate connu sous le nom de *vitriol de Salzbourg* est bleu verdâtre, en cristaux volumineux, toujours humides. C'est un véritable sulfate de cuivre et de fer ; sa composition varie avec son origine ; son prix est proportionnel à sa teneur en cuivre.

On en distingue trois variétés :

1 aigle ou n° 1, contenant le moins de cuivre, dernière qualité ;

2 aigles ou n° 2, contenant un peu plus de cuivre, qualité moyenne ;

3 aigles ou n° 3, le plus riche en sulfate de cuivre, c'est la 1re qualité.

On fabrique ces vitriols ferrugineux, en France, notamment à Paris, à Vienne (en Dauphiné) et en Alsace, à Bouxviller. Leur prix varie de 25 à 40 francs les 100 kilogrammes. Quand ils s'effleurissent à l'air, ils se recouvrent d'une croûte d'autant plus jaunâtre ou ocracée, qu'ils contiennent plus de sulfate de fer.

3° Le sulfate de cuivre mixte, ou *vitriol mixte de Chypre*. C'est un double sulfate de cuivre et de zinc, en prismes rhomboïdaux obliques, très volumineux, d'un beau bleu clair, humides, friables ; l'air ne les ternit pas. Le commerce les tire des mines de Chessy, près de Lyon. Son prix varie de 25 à 40 francs les 100 kilogrammes.

Outre les caractères physiques distinctifs qui précèdent, on peut donner comme caractères chimiques non moins importants, les réactions suivantes. On opère sur les dissolutions des différentes sortes de vitriol avec une partie de sel sur 10 parties d'eau :

Réactifs	Vitriol de Chypre	Vitriol de Salzbourg	Vitriol mixte de Chypre
Lait de chaux.	Belle couleur bleu ciel.	Couleur de rouille.	Couleur d'un blanc sale.
Ammoniaque en léger excès.	Belle couleur bleu céleste, sans trouble.	Couleur de terre avec précipité abondant.	Couleur de terre avec précipité abondant.
Décoction de noix de galle.	Couleur vert-olive avec précipité.	Couleur noir foncé.	Précipité noir terreux.
Prussiate de potasse.	Précipité cramoisi foncé.	Précipité bleu gris.	Précipité chocolat clair.

Usages. La couperose bleue est très usitée en teinture, où, avec la couperose verte, elle est la base des noirs sur laine et sur soie ; elle sert aussi à obtenir beaucoup d'autres couleurs, telles que le violet, le lilas, etc. Elle est employée dans la préparation des *verts de Scheele* et de *Schweinfurth*, dans celle des *cendres bleues*. La couperose bleue avec sulfate d'ammoniaque forme un sel double (sulfate de cuivre ammoniacal) usité dans plusieurs couleurs d'application. Elle joue, par son oxyde, le double rôle de mordant et d'oxydant, ce qui la fait employer par les indienneurs dans leurs *réserves* pour les bleus de cuve. Elle sert dans la peinture du papier de tenture et des décors, dans la coloration des plumes avec lesquelles on fait des panaches. La médecine utilise ses propriétés styptiques. Le chaulage des blés en consomme une certaine quantité. En galvanoplastie, on en fait un constant usage. Enfin, on en consomme des quantités considérables pour la conservation des bois (par infiltration naturelle ou par pression en vase clos), notamment des traverses de chemins de fer.

Couperose verte. *Vitriol, vitriol vert, vitriol martial, vitriol romain (sulfate de protoxyde de fer* ou *sulfate ferreux*). Préparation. La couperose verte se prépare industriellement par plusieurs procédés, suivant la nature des matières premières employées. En Picardie où abondent les sulfures de fer disséminés dans des schistes alumineux, une calcination ménagée transforme ce sulfure au contact de l'air en sulfate de protoxyde et de sesquioxyde, en même temps que le silicate d'alumine se sulfatise. Il se forme ainsi du sulfate de fer mélangé d'une certaine quantité de sulfate d'alumine, dont il est très difficile de débarrasser entièrement la couperose extraite par ce procédé. On peut cependant opérer cette élimination, au moins en grande partie, en procédant comme dans la fabrication du sulfate d'alumine, extrait des schistes alumineux et pyriteux, c'est-à-dire par des cristallisations successives. Le sel de fer, étant moins soluble dans l'eau que le sel d'alumine, se dépose le premier. On concentre les eaux-mères et une seconde cristallisation fournit un nouveau dépôt de sulfate de fer, et ainsi de suite (V. Alun). La lixiviation directe des pyrites martiales effleuries à l'air donne des couperoses de diverses qualités. On prépare directement ce sel plus pur (exempt d'alun), auprès de Paris et à Honfleur, par le procédé suivant : On traite les vieilles ferrailles, les rognures, tournures de fer, par l'acide sulfurique étendu (à 12 ou 15° B^{é}) (suite p. 1038),

Caractères, composition et prix des couperoses (vertes) commerciales.

Dénominations	Cristallisation	Acidité, tache, efflorescence, odeur, etc.	Matières étrangères	Eau p. 100	Quantité de sulfate de protoxyde de fer p. 100	Prix des 100 kilogr.
1 Couperose de Paris.	En petits cristaux brun foncé entremêlés de cristaux vert clair transparent.	Très acide (3,4 0/0), constamment humide; recouverte d'une légère couche de mélasse. Il y a des couperoses de fabriques ou de 1re cristallisation et de refonte 2e cristallis.	Ne renferme que peu de sulfate de peroxyde.	47.5	48	12 à 15
2 Couperose de Honfleur.	Cristaux vert clair, mêlés de petits fragments plus foncés.	Très acide (1,5); taches d'un brun intense, légère odeur de mélasse, une des plus pures quoique n'ayant pas belle apparence.	Ne renferme que du sulfate ferrique.	48.7	49	13 à 19
3 Couperose de Forges.	Gros cristaux, d'un vert émeraude assez foncé.	Très peu acide. Se recouvre facilement de taches ocreuses sans odeur.	Sulfate ferrique, sulfate de cuivre, alun 2,5 0/0.	46.6	48	menu sel 24 refonte 28
4 Couperose de Picardie :						
A. Couperose de Noyon O.	Petits cristaux vert pâle; fragments brunâtres, pulvérulents.	Acide, très efflorescente; odeur de mélasse.	Sulfate ferrique, sulfate de cuivre, sulfate de zinc, alun 4 0/0.	48.6	46	9 »
B. Couperose de Noyon OC.	Cristaux vert clair, entremêlés d'un grand nombre de fragments plus foncés.	Très acide, moins efflorescente, odeur peu prononcée, taches brunes.	Sulfate ferrique, sulfate de cuivre, sulfate de zinc, alun 4 0/0.		44.8	16 »
C. Couperose de Noyon R.	Beaux cristaux vert bleuâtre, sans mélange de petits fragments transparents.	Peu acide, légèrement humide, pas de taches, odeur nulle.	Sulfate ferrique, sulfate de cuivre, sulfate de zinc, alun en petite quantité.		45.8	12 »
D. Couperose de Mairancourt O . .	Petits cristaux vert clair.	Tachés de brun par la noix de Galle, odeur nulle.	Sulfate ferrique et un peu de manganèse, 3 0/0 sulfate de cuivre, 4 0/0 alun.		41	10 »
E. Couperose de Mairancourt PS. .	Poudre avec cristaux fragments vert foncé.	Très acide, taches de brun, très humide, imprégnée de mélasse.	Sulfate ferrique, 3 0/0 sulfate cuivre, 5 1/2 d'alun; un peu sulfate de chaux.		40	8 »
F. Couperose de Saint-Urcel CF. .	Petits cristaux et poudre vert foncé.	Très acide, taches de noir, très humide, odeur forte de mélasse.	3 0/0 sulfate ferrique, moins de cuivre et d'alun que les précédents.		42	12 50
G. Couperose de Montataire	Cristaux vert clair.	Légèrement effleur., ni tache brune, ni odeur.	3 0/0 sulfate ferrique, 3 0/0 alun, peu de cuivre, traces de manganèse.		45	11 à 12
H. Couperose de Beauvais.	. . . . .	. . . . .	Traces de sulfate ferrique et d'alun		50	40 »
5 Couperose d'Alsace.	. . . . .	Plus pures que les couperoses de Picardie.				
A. Couperose de Mulhouse	. . . . .	. . . . .	Beaucoup d'alun.		48	40 »
B. Couperose de Thann.	. . . . .	. . . . .	Traces de sel ferrique.		49	21 80
C. Couperose de Sultzbach.	. . . . .	. . . . .	Sous-sel de fer, cuivre et alun.		45	19 »
D. Couperose de Bouxviller .						
1e Couperose vert foncé.	. . . . .	. . . . .	Un peu d'alun.		48.5	18 »
2e Couperose façon Beauvais. . .	. . . . .	. . . . .	Sous-sel de fer et alun.		48.8	18 »
3e Couperose double refonte . . .	. . . . .	. . . . .	Traces de sels étrangers.		50.5	20 »

résidu provenant de l'épuration des huiles à lampes. Après avoir versé l'acide dans une chaudière en cuivre qu'on chauffe par dessous et latéralement au moyen de carneaux ménagés entre les plaques de fonte qui soutiennent la chaudière, on ajoute au fur et à mesure de leur dissolution les tournures de fer, et l'on agite le mélange de temps à autre. L'oxyde de fer déjà formé se dissout facilement dans le liquide; les parties métalliques s'oxydent à leur tour en s'emparant de l'oxygène de l'eau décomposée. Il se dégage d'abondantes masses gazeuses formées d'hydrogène, de vapeurs nitreuses, de produits volatils provenant de l'altération des huiles et de la vapeur d'eau. Ces gaz, d'odeur forte et désagréable, sont dirigés dans une cheminée à bon tirage.

Cette première opération dure dix-huit à vingt heures. Quand elle touche à son terme, ce que l'on reconnaît par un essai du liquide dont quelques gouttes posées sur une soucoupe de porcelaine ou de faïence doivent cristalliser promptement, on enlève alors la dissolution de la chaudière à l'aide d'un puisoir; on la dirige, par un caniveau, dans une cuve où elle s'éclaircit. Au bout de dix-huit à vingt-quatre heures, les matières en suspension se sont déposées; le liquide est alors conduit dans d'autres cuves à large diamètre et peu profondes nommées *cristallisoirs*. Pour faciliter la cristallisation et en même temps pour obtenir de beaux cristaux, on suspend verticalement dans le liquide des bâtons implantés dans des trous de planches reposant sur les bords de la cuve. Au bout de 8 à 10 jours, si la température n'est pas trop élevée, la cristallisation est terminée, on enlève les bâtons, on extrait du fond les cristaux salis et le dépôt à refondre. Les cristaux adhérents aux bâtons et aux parois sont détachés, rapidement desséchés, afin d'éviter la formation de sous-sulfate de sesquioxyde de fer, couleur de rouille, et mis en barils pour être expédiés. Les eaux mères sont remises dans la chaudière pour servir à une nouvelle opération.— V. le tableau, page 1037.

Il résulte du tableau précédent : 1° que les couperoses *les moins impures* sont celles de Honfleur, de Paris, de Thann, de Forges, de Beauvais, de Bouxviller vert foncé, de Bouxviller double refonte; 2° que *les plus acides* sont celles de Paris, Honfleur, Mairancourt P S, St-Urcel C F; 3° que *les plus chargées de sel ferrique* sont celles de Noyon O, Mairancourt O, Montataire, St-Urcel, Mairancourt P S, Sultzbach, Noyon O C, Forges; 4° que *les plus cuivreuses* sont celles de Mairancourt P S, Mairancourt O, St-Urcel, Sultzbach, Noyon O C, Noyon R, Montataire, Noyon O; 5° que les couperoses *les plus riches en alun* sont celles de Mulhouse, Mairancourt P S, Mairancourt O, Noyon O, Noyon O C, Sultzbach.

De ces faits, on a tiré les conclusions suivantes à l'usage des teinturiers et des indienneurs : « 1° pour le *mordançage des fils et tissus*, il faut rejeter les couperoses acides de Paris, de Honfleur, etc., et employer de préférence celles de Forges, de Noyon O et O C, de Montataire et d'Alsace; 2° les meilleures pour le *montage des cuves d'indigo* sont les couperoses faites de toutes pièces, notamment celles de Paris et de Honfleur parce qu'elles ne contiennent ni sels ferriques, ni cuivre, ni alun. Leur grande acidité ne nuit pas, dans cette circonstance, puisqu'elle se trouve neutralisée par la chaux des cuves; 3° les couperoses chargées de sels ferriques, de cuivre et d'alun doivent être réservées pour la teinture en noir et autres couleurs foncées. Elles sont très bonnes dans ce cas. » (*Chimie appliquée aux arts industriels*, par Girardin.)

La couperose verte est l'un des sels les plus employés dans l'industrie; on en peut juger par les principales applications suivantes qu'on en fait : La couperose verte est le principal ingrédient dans la *teinture en noir, brun ou gris*, des fils, tissus, papiers, cuirs, etc., par la réaction spéciale du tannin contenu dans la noix de galle, l'écorce du chêne, le cachou et diverses substances tinctoriales; c'est avec elle qu'on *monte les cuves d'indigo à froid*, par une désoxydation du principe colorant; qu'on prépare le *bleu de Prusse*, qu'on teint la laine et la soie en *bleu de France*, qu'on obtient le colcothar, l'acétate de fer, qu'on fabrique l'*acide sulfurique fumant* et l'*acide anhydre*. La confection des *poteries rouges*, la fabrication de l'*encre*, la *désinfection des matières fécales et fumiers*, se font avec la couperose verte. On l'utilise aussi dans l'*arrosage des plantes chlorosées* (il faut par litre d'eau 4 grammes sur le sol et 1 gramme sur les feuilles). — C. D.

COUPEUR, EUSE. *T. de mét.* Celui, celle qui, dans un atelier, coupe les étoffes, les cuirs, les poils. || Ouvrière qui, dans les fabriques de velours, coupe d'un seul coup, les fils de la première chaîne sans endommager ceux de la seconde.

I. * **COUPEUSE.** On donne ce nom à une machine employée dans la filature de lin, et qui sert à diviser la filasse en plusieurs parties. La partie principale de cette machine est une roue tournant avec une extrême rapidité, garnie de dents obtuses placées sur deux rangs, et à laquelle on présente la poignée de lin que l'on veut couper, en maintenant cette poignée des deux mains à chaque extrémité. Les dents de cette roue sont placées en quinconce, afin d'obtenir le plus d'irrégularité possible dans la coupure, et par suite de permettre ultérieurement aux fibres une plus facile liaison dans le travail de la filature. La raison pour laquelle on trouve quelquefois avantage à couper le lin, c'est que celui-ci n'a jamais la même finesse à la tête, au centre et au pied. En coupant le lin en trois parties, par exemple, on obtient, pour ainsi dire, trois sortes de lin différentes. On arrive par là à avoir au peignage un rendement plus fort, puisque les peignes n'agissent plus ensuite que sur des fibres de même section; pour la même raison, on obtient un fil plus régulier.

On calcule qu'avec le milieu, on peut obtenir un fil de qualité supérieure, d'un numéro beaucoup plus élevé que pour la masse entière; qu'avec la tête, le fil aura même qualité et même numéro;

et qu'au moyen des pieds, il sera beaucoup moins fin, mais aussi plus régulier que si l'on avait filé toute la fibre. Un mélange de la tête et des pieds produit un fil beaucoup plus beau que ces deux parties traitées à part.

II * **COUPEUSE.** *T. de pap.* On distingue deux sortes de coupeuses, la *coupeuse en long* et la *coupeuse en travers*; nous donnons ici l'explication du fonctionnement de ces appareils qui font partie de l'étude que nous consacrons à la *papeterie* (V. ce mot). La coupeuse en long ou coupeuse à *couteaux circulaires* a pour but de rogner les feuilles de papier à sa sortie de la machine à papier pour lui enlever des bords frangés, et de diviser cette même feuille en bandes parallèles à sa marche sur la machine. La coupeuse en travers coupe la feuille dans le sens perpendiculaire à la coupe de la coupeuse en long. On obtient après cette deuxième coupe la feuille coupée du format, sur les dimensions prescrites.

* **COUPLE.** 1° *T. de mécan.* Système de deux forces égales, parallèles et de sens contraire. Un couple ne peut être remplacé par une force unique, et appliqué à un corps solide en repos, il ne peut imprimer à ce corps qu'un mouvement de rotation autour d'un axe passant par le centre de gravité du corps. || 2° *Couple de rotation.* Ensemble de deux rotations simultanées, égales, parallèles, mais de sens contraire. Un pareil couple équivaut à une translation. || 3° *T. de mar.* Se dit de deux pièces courbes d'un navire qui, symétriquement opposées l'une à l'autre, font partie de la même membrane.—V. CONSTRUCTION NAVALE. || 4° *Couple voltaïque* ou *galvanique.* Appareil destiné à produire l'électricité par les réactions chimiques. Il consiste généralement en deux lames conductrices plongeant dans un liquide qui a plus d'action sur l'une que sur l'autre. La réunion de plusieurs couples forme une *pile.* — V. ce mot. || *Couple thermo-électrique.* Ensemble de deux métaux qui, sous l'influence de la chaleur, donnent naissance à une production d'électricité. — V. PILE.

* **COUPLÉ, ÉE.** *Art. hérald.* Se dit des chiens, des fleurs et des fruits, liés deux à deux.

COUPOIR. 1° *T. techn.* Nom d'une foule d'instruments qui servent à rogner et à couper. || 2° *T. de typogr.* Instrument dont se servent les compositeurs pour couper les filets de longueur, d'onglé, etc., avec lesquels on forme les encadrements de couvertures, de tableaux, etc. || 3° *T. de fond. de caract.* Outil qui sert à retenir et serrer ensemble deux ou trois cents lettres, après quoi, à l'aide d'un rabot spécial, on enlève les parties superflues qui nuiraient à la netteté de l'impression. || 4° *T. de monn.* Appareil qui sert au découpage des flans.

I. **COUPOLE.** *T. d'arch.* Voûte de forme sphérique, offrant assez exactement l'aspect d'une coupe antique renversée. La coupole étant d'ordinaire établie à l'intérieur d'un *dôme* (V. ce mot), on confond souvent ces deux objets sous la même désignation. En architecture, il convient de bien distinguer l'une de l'autre. La coupole, en effet, ne suppose pas rigoureusement le dôme, et le dôme peut parfaitement couronner des surfaces planes. Cette dernière circonstance nous est offerte à Paris, notamment par le pavillon central de l'Ecole militaire, au Champ de Mars. On ne doit donc, pour parler correctement, imposer le nom de *coupole* qu'à la voûte intérieure et réserver le mot *dôme* pour l'extérieur de cette partie de l'édifice.

— Les Grecs recherchaient peu les voûtes sphériques; ils préféraient des formes rectilignes; leurs temples, qui présentent presque tous l'aspect de vastes parallélogrammes soutenus par des colonnades, ne se prêtaient pas, en effet, à la terminaison en coupoles. A Rome, au contraire, nous trouvons de nombreux édifices construits en rotonde et terminés en coupole. Tels sont les temples de Neptune, Minerve, Diane, Cybèle, Vènus, etc. Mais la plus célèbre et la mieux conservée de toutes les coupoles que nous ait léguées l'art antique est celle dite du *Panthéon d'Agrippa.* Elle est bâtie en moellons et en briques et décorée de caissons à rosaces. Son diamètre, mesuré à la naissance de la voûte, était de 45m,65.

Brunelleschi, au commencement du XVe siècle, dans l'église de Sainte-Marie-des-Fleurs, à Florence, eut l'idée de construire deux voûtes l'une sur l'autre, afin de donner plus de grâce à son monument; chacune de ces voûtes offrait un galbe différent et des proportions convenables à l'œil, suivant qu'elle devait être considérée de l'intérieur ou de l'extérieur. Cet exemple a été suivi par Michel-Ange dans la construction de Saint-Pierre de Rome, qui se trouve couronnée par deux voûtes, l'une intérieure et ouverte à son sommet, l'autre extérieure, qui forme le dôme et soutient la lanterne. Au siècle suivant, l'architecte de l'église de Saint-Paul, à Londres, construisait, pour ce monument, une coupole élevée sur plan octogone, c'est-à-dire offrant 8 pendentifs au lieu de quatre. A la même époque, Jules-Hardouin Mansart édifiait, à Paris, la double coupole des Invalides, la voûte inférieure laissant voir par une ouverture circulaire les peintures exécutées sur la voûte supérieure. Enfin, dans la même capitale, l'église Sainte-Geneviève du Panthéon, offre trois coupoles superposées construites en pierres de taille; la voûte intérieure, ouverte à son sommet, est hémisphérique, la voûte intermédiaire affecte une forme très elliptique, afin de supporter plus facilement le poids de la lanterne; la voûte extérieure forme le *dôme.* — V. ce mot.

Les voûtes en coupole présentent une solidité toute particulière, parce que toutes leurs parties tendent, avec un effort égal, à un centre commun, de manière cependant qu'aucune ne peut ni s'en approcher ni s'en éloigner. Lorsque ces voûtes sont construites par rangs horizontaux, chaque assise forme une espèce de couronne; toutes les pierres qui les forment sont disposées de manière qu'elles ne peuvent s'approcher du centre, à cause de leur figure, ni s'en éloigner sans être obligées de remonter, à cause du lit incliné sur lequel elles sont posées. Il en résulte que ces pierres se soutiennent mutuellement, indépendamment de tout cintre. De plus, comme chaque couronne de voussoirs diminue de volume à mesure que le lit sur lequel elle pose, est plus incliné; il arrive que l'effort contre les murs ou piédroits qui soutiennent les voûtes en coupole est presque nul, c'est-à-dire qu'elles n'ont point de poussée. En vertu de cette propriété, les voûtes en coupole

peuvent s'exécuter d'une manière incomplète, ou par parties, sans qu'il soit rien changé à l'arrangement des pierres qui les composent et sans que leur solidité soit diminuée. Ainsi, l'on peut pratiquer, au milieu d'une coupole, une grande ouverture circulaire, comme au Panthéon à Paris. On peut aussi n'exécuter qu'une moitié de coupole, comme aux grandes niches qui terminaient les basiliques des anciens et quelquefois leurs temples; on peut même n'en exécuter qu'un quart, en forme de trompe, pour soutenir en l'air l'angle d'un édifice.

II. * **COUPOLE CUIRASSÉE.** Toit métallique, en forme de dôme, composé de plaques en fer ou de voussoirs en fonte dure, qui recouvre certaines tourelles cuirassées, principalement celles qui sont établies dans les ouvrages de fortification. La coupole sert à protéger les pièces installées dans la tourelle, non seulement contre les coups verticaux, mais encore contre le tir de plein fouet; aussi désigne-t-on souvent la tourelle elle-même sous le nom de *coupole*. —V. CUIRASSEMENT.

COURANT ÉLECTRIQUE. Mouvement électrique qui se produit dans un conducteur entre deux de ses points, lorsqu'il y a entre ceux-ci une différence de potentiel, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas au même *potentiel électrique*. Le potentiel, en électricité, correspond à peu près à la température en chaleur, à la pression en hydrostatique. Lorsqu'un corps a été chauffé à des températures différentes en deux de ses parties, l'équilibre de température tend à s'établir et il se produit un mouvement calorifique du point le plus chaud vers le plus froid. Lorsqu'un liquide, contenu dans deux vases communiquant par un tuyau, n'est pas au même niveau dans les deux vases, la pression n'est pas la même des deux côtés, les niveaux tendent à s'égaliser et il en résulte un mouvement du liquide, un courant, qui traverse le tuyau. De même, lorsque deux points d'un conducteur sont électrisés à des *températures électriques*, à des pressions, c'est-à-dire à des *potentiels* différents, l'égalité de potentiel entre ces deux points tend à s'établir et il se produit un mouvement électrique allant du point au potentiel le plus élevé vers le point au potentiel le moins élevé. C'est ce mouvement auquel on a donné le nom de *courant*.

Une fois que l'égalité de potentiel s'est établie dans le conducteur, le courant cesse; il n'a duré qu'un moment, il a été instantané. C'est ce qui se produit, par exemple, si on charge les deux cylindres d'une machine de Nairne et qu'on les réunisse ensuite par une tige métallique tenue au moyen d'un manche isolant. Il y a courant au travers la tige, d'un cylindre vers l'autre, mais ce courant ne dure qu'un temps très court; pour qu'il continue, il faudrait que la différence de potentiel entre les deux cylindres fut rétablie, et c'est ce que l'on obtiendrait en tournant d'une façon continue le cylindre de verre et la machine. La tige serait alors traversée par un courant continu.

Pour qu'il y ait courant continu, il faut donc que le conducteur soit en relation avec une source électrique capable d'entretenir, entre les extrémités du conducteur, une certaine différence de potentiel. L'ensemble de la source et du conducteur forme alors un circuit fermé.

Lois du courant. Dans un circuit tel que nous venons de le définir; il y a trois choses à considérer :

1° La cause qui, dans la source électrique, détermine la production de l'électricité; cette cause a reçu le nom de *force électromotrice* (V. ce mot). Il ne faut pas la confondre, comme on le fait trop souvent, avec la *différence* de potentiel qui en est l'effet.

2° La *résistance* qu'éprouve le courant à travers le circuit; cette résistance (V. ce mot) varie suivant la nature et les dimensions des corps qui composent le circuit, et l'on a considéré, selon le cas, tantôt la *résistance totale* du courant, tantôt celle de chacune de ses parties.

3° L'intensité du courant, c'est-à-dire la quantité d'électricité qui passe en un point du circuit pendant l'unité de temps.

Ces trois quantités sont liées entre elles par une loi établie en 1827, par le professeur Ohm d'Erlangen, et qui est connue sous le nom de *loi de Ohm*. Elle peut être exprimée de la façon suivante :

L'intensité du courant est directement proportionnelle à la force électromotrice et, inversement, proportionnelle à la résistance totale du circuit.

Si l'on représente par I l'intensité, par E la force électromotrice, et par R la résistance totale, y compris celle de la source, la loi peut être exprimée par la formule

$$I = \frac{E}{R}$$

formule qui permettra de connaître, non seulement I en fonction de E et de R, mais encore E en fonction de I et de R, ou R en fonction de E et de I, puisque l'on en tire

$$E = RI$$

$$\text{et } R = \frac{E}{I}$$

Dans l'application de la formule de Ohm, pour que I soit exprimée en fonction d'une unité déterminée, il faut introduire un certain coefficient qui dépend des unités que l'on a adoptées pour exprimer E et R. Mais ce coefficient disparaît lorsque l'on se sert des unités adoptées en 1881, par le Congrès international des électriciens, c'est-à-dire pour la force électromotrice; le *volt* (V. ce mot), qui équivaut à peu près à la force électromotrice d'un élément Daniell, pour la résistance; l'*Ohm* (V. ce mot), qui représente sensiblement la résistance de 100 mètres de fil télégraphique en fer de 4 millimètres de diamètre, et pour l'intensité l'*Ampère*, qui est le courant produit par une force électromotrice d'un Volt dans un circuit ayant une résistance d'un Ohm. Il résulte directement de cette dernière définition que si l'on exprime E en Volts et R en Ohms, I se trouve directement exprimé en Ampères. Si, par exemple, on a un circuit de 5 Ohms de résistance et une

force électromotrice de 10 Volts, on aura, pour l'intensité

$$I=\frac{E}{R}=\frac{10}{5}=2 \text{ ampères.}$$

La formule de Ohm ne s'applique pas seulement à un circuit ne comprenant uniquement qu'un conducteur et une source électrique, elle a une signification beaucoup plus générale, et dans son interprétation, on doit comprendre par R la somme de toutes les résistances de diverses natures comprises dans le circuit, et E la somme de toutes les forces électromotrices qui peuvent y exister. Pour ces dernières, il peut arriver qu'elles ne soient pas toutes de même sens ; dans ce cas, E en représente la somme algébrique. Si, par exemple, une source électrique de force électromotrice *e* est intercalée dans un circuit qui contient une cuve à électrolyse, une force électromotrice *e'* en sens inverse de la première se produira dans la cuve ; la force électromotrice E aura alors pour expression $e-e'$ et l'intensité sera exprimée par

$$I=\frac{E}{R}=\frac{e-e'}{R}.$$

Lorsqu'au lieu de considérer le circuit complet on considère seulement une portion du conducteur, l'intensité est encore exprimée par la formule de Ohm ; mais dans ce cas particulier, E, au lieu de représenter la force électromotrice, représente la différence de potentiel existant entre les deux extrémités de la portion de conducteur considérée.

Il est quelquefois commode de représenter, au moyen d'une figure géométrique, les relations qui lient entre elles l'intensité, la résistance et la force électromotrice.

On représente alors, par une ligne horizontale AC (fig. 593), la résistance et par une ligne verti-

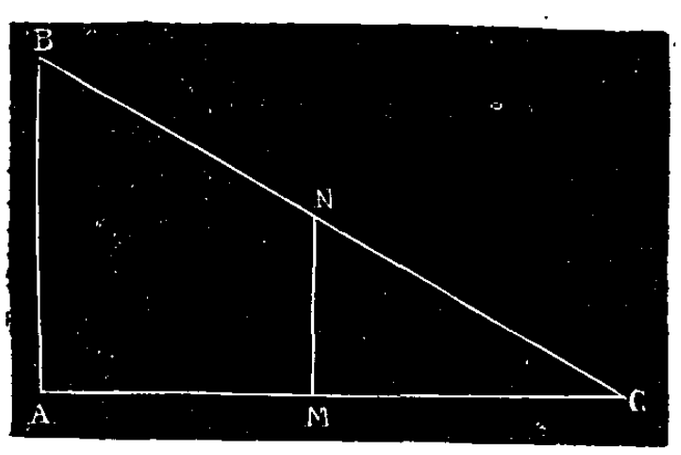


Fig. 593.

cale AB la force électromotrice, ou, si l'on ne considère pas un circuit complet, la différence de potentiel entre les deux extrémités du conducteur. L'intensité est alors donnée par la tangente trigonométrique de l'angle ACB, c'est-à-dire qu'elle est exprimée par $\frac{AB}{AC}$.

Si l'on élève une perpendiculaire MN en un point M quelconque de la ligne AC, cette perpendiculaire représentera le potentiel en ce point. L'intensité est alors exprimée par $\frac{MN}{MC}$, mais comme les triangles ABC et MNC sont semblables, $\frac{AB}{AC}=\frac{Mn}{MC}$ il s'ensuit que l'intensité en A est la même qu'en M et par suite que l'*intensité est la même en tous les points du circuit*.

Cette dernière loi est applicable aussi bien aux circuits mixtes qu'aux circuits homogènes.

Quand dans un circuit le conducteur se divise en deux ou plusieurs branches, les circuits partiels ont reçu le nom de *circuits dérivés*, ou *dérivations*, et les courants qui les traversent, celui de *courants dérivés*. Si l'on connaît la différence de potentiel entre les deux points de bifurcation et la résistance de chaque circuit dérivé, il est facile de connaître l'intensité dans chacun d'eux. L'intensité dans l'ensemble des dérivations est égale à la somme des intensités partielles. On peut la calculer, d'autre part, en fonction de la différence de potentiel aux points de bifurcation et de la résistance totale des dérivations. La résistance totale de deux dérivations est égale au produit des résistances individuelles de ces deux fils divisé par leur somme. Quand il y a plusieurs dérivations, on peut en trouver la résistance totale en ajoutant les quantités inverses de leurs résistances respectives et prenant l'inverse du résultat.

Si par exemple il s'agit de trois dérivations ayant pour valeur respectivement 3 ohms, 5 ohms et 6 ohms, on additionnera $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{5}$ et $\frac{1}{6}$ ce qui donnera $\frac{7}{10}$, l'inverse de ce résultat $\frac{10}{7}=1,42$ représentera en ohms la résistance totale.

En thèse générale, l'intensité, dans les diverses dérivations, est en proportion inverse de leurs résistances respectives. Dans le cas de deux dérivations égales, l'intensité est la même dans toutes

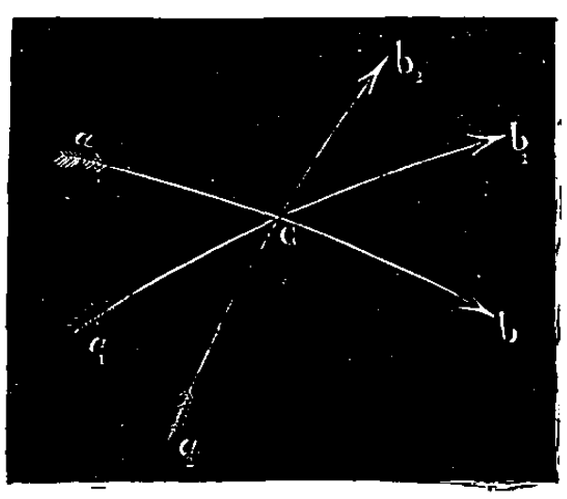


Fig. 594.

deux. Si l'une a une résistance qui soit la moitié de celle de l'autre, l'intensité est double dans la dérivation la moins résistante.

D'ailleurs, tous les problèmes relatifs aux courants dérivés peuvent être résolus au moyen de deux lois établies par Kirchhoff, et qui s'énoncent ainsi :

Quand un certain nombre de courants $a\,a_1\,a_2\,b\,b_1\,b_2$ (fig. 594) se croisent en un point C la somme algébrique de toutes les intensités réunies autour du point *c* est égale à zéro, c'est-à-dire que

$$Ia+Ia_1+Ia_2-Ib-Ib_1-Ib_2=0$$

2° Quand les dérivations considérées forment un circuit fermé, si l'on désigne par $I_1 I_2 \ldots$ *In* les intensités et par $R_1 R_2 \ldots$ *Rn* les résistances dans les différents fils $1, 2 \ldots n$, la somme *algébrique* des produits $R_1 I_1$, $R_2 I_2 \ldots$ *Rn In* est égale à la somme des forces électro-motrices existant dans le circuit, pourvu qu'on ait soin d'affecter de signes contraires les intensités des courants dirigés en sens contraires et les forces électromotrices inverses l'une de l'autre.

Toutes les lois des courants sont applicables, quelles que soient les sources génératrices d'électricité, pourvu que ces sources donnent lieu à un courant continu. Elles s'appliquent aussi bien dans le cas d'une pile hydroélectrique ou thermoélectrique que dans le cas d'une machine dynamoélectrique. On a cependant l'habitude de désigner les courants par différents noms, suivant les circonstances dans lesquelles ils se produisent. Nous allons passer rapidement en revue ces différentes variétés de courants.

Courants de pile. Courants obtenus lorsque la source intercalée dans le circuit est une *pile* (V. ce mot).

Courants d'induction. On sait qu'un aimant agit plus fortement, suivant certaines lignes que met en évidence son fantôme magnétique, et qui ont reçu le nom de *lignes de force*. Un solénoïde parcouru par un courant, un simple conducteur, même, également parcouru par un courant, un fer doux aimanté par une action quelconque, présentent également de semblables lignes de force. Quand un conducteur traverse ces lignes de force, il devient le siège d'un courant dont le sens varie suivant le sens des lignes de force et dont l'intensité varie suivant l'angle que fait la direction du mouvement avec les lignes de force. Les courants ainsi développés dans un conducteur en mouvement, relativement à un champ de lignes de force, ont reçu le nom de *courants induits* ou *courants d'induction*. Ils sont de courte durée, et ce n'est que par des artifices de construction des machines d'induction que l'on arrive à les réunir et à les transformer en un courant sensiblement continu. Dans certaines machines même, le courant produit par l'addition des courants partiels d'induction ne peut être rendu continu et est alternativement d'un sens et de l'autre; il est dit alors *courant alternatif*. Dans la bobine d'*induction* (V. ce mot), le courant qui agit sur le fil fin de la bobine a reçu le nom de *courant primaire*; celui qui se développe sous l'influence de ce dernier, le nom de *courant secondaire*.

Extra-courant. Quand un solénoïde, une bobine de fils métalliques isolés les uns des autres, est parcouru par un courant et qu'on interrompt brusquement ce courant, les spires agissent les uns sur les autres et il se produit un courant d'induction qui a reçu le nom d'*extra-courant*. Ce dernier est beaucoup plus intense quand la bobine contient un noyau de fer doux, c'est-à-dire quand elle constitue un électroaimant. — V. INDUCTION.

Courants télégraphiques. Courants employés au fonctionnement des appareils télégraphiques. — V. TÉLÉGRAPHIE.

Courants sous-marins. Courants qui traversent les câbles télégraphiques sous-marins. Ils sont soumis à des lois spéciales, qui seront traitées à l'article TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE.

Courants téléphoniques. Courants mis en jeu dans les téléphones. Etant produits par les mouvements d'une membrane vibrante, ils ne peuvent être considérés comme continus et sont formés par une série de pulsations. Ils sont sujets à des perturbations assez graves lorsque les fils de ligne se trouvent à proximité des fils télégraphiques. Les courants interrompus qui parcourent ces dernières font naître dans les fils téléphoniques des courants induits qui empêchent le fonctionnement des appareils. C'est en raison de ces effets que l'on est arrivé, pour les lignes téléphoniques, à ne pas se servir de la terre comme retour.

Courants ondulatoires. Se dit des courants dans lesquels le flux électrique se propage par pulsations, comme cela a lieu dans les téléphones ou bien encore dans le télégraphe harmonique de Gray (V. TÉLÉGRAPHIE). Dans les courants ondulatoires, la propagation du courant peut être représentée, dans la plupart des cas, par une sinusoïde. — A. G.

***COURBARIL.** Arbre résineux qui croît dans l'Amérique du Sud, en Afrique et à l'île Maurice ; son bois est d'un rouge pâle, veiné de brun; il brunit en vieillissant et tient le milieu entre l'acajou et le palissandre; c'est un bois précieux pour la fabrication des meubles, car il est dur, compact et se polit bien. On se sert de la résine qu'on extrait du tronc de cet arbre, pour préparer un vernis transparent très estimé.

I. **COURBE.** *T. de géom.* On appelle *courbe* en général toute ligne qui n'est ni droite ni composée de parties droites. La notion de la courbe remonte à la plus haute antiquité : les premières figures qui ont pu en donner l'image ont été la forme d'un arc, le contour d'un objet rond, l'aspect de la voûte céleste, etc.

On peut imaginer une infinité de lignes courbes qui se classent naturellement en *courbes planes* et *courbes gauches*; chacune sera définie soit par une propriété commune à tous ses points, soit par le déplacement d'un point particulier d'un système géométrique à liaisons complètes. Dans la plupart des cas, le procédé le plus commode pour étudier les propriétés d'une courbe consiste dans l'emploi de l'algèbre et de l'analyse mathématique, ce qui exige que la définition de la courbe soit d'abord traduite analytiquement. A ce point de vue, une courbe *plane* sera définie par *une* équation à laquelle devront satisfaire les deux coordonnées de chacun de ses points, et une courbe *gauche* par deux équations entre les trois coordonnées de chacun de ses points. — V. COORDONNÉES.

L'*ordre* d'une courbe plane algébrique est égal au degré de son équation. Une courbe du m^{me} ordre est coupée par une droite en m points réels ou imaginaires.

Dans l'espace, l'ordre d'une courbe gauche est égal au produit des degrés des deux équations qui la définissent, et qui représentent deux surfaces dont l'intersection est la courbe considérée. Une équation du 1er degré représente un plan, et pour avoir les points d'intersection de ce plan avec la courbe, il faudra résoudre simultanément les trois équations de la courbe et du plan, d'où il suit qu'une courbe du m^{me} ordre est coupée par un plan en m points réels ou imaginaires.

Les courbes transcendantes sont en général coupées par une ligne droite ou par un plan en une infinité de points réels ou imaginaires. Les courbes planes les plus simples sont celles du 2e ordre dont la circonférence est un cas particulier, et qui prennent, suivant leur forme, les noms d'*ellipse*, *parabole* ou *hyperbole*. — V. ces mots.

On peut considérer une courbe comme la limite d'une ligne brisée dont les côtés deviennent infiniment petits. La direction limite de chaque élément est celle de la tangente à la courbe. Dans les courbes planes dont nous nous occuperons d'abord, on peut remarquer que l'équation cartésienne de la courbe définit l'ordonnée d'un point comme une fonction de l'abscisse : la dérivée de cette ordonnée donne la direction de la tangente. En général la tangente ne traverse pas la courbe au point de contact, et l'arc de courbe, dans le voisinage au point de contact est d'un même côté de la tangente : on dit que la courbe tourne sa *concavité* de ce côté-là : le sens de la concavité dépend du signe de la dérivée seconde

$$\frac{d^2y}{dx^2},$$

x et y représentant les coordonnées du point de contact de la tangente. Les points où la concavité change de sens sont ceux où cette dérivée seconde s'annule. En ces points la tangente traverse la courbe : on les appelle des *points d'inflexion*.

La rapidité avec laquelle la tangente change de direction détermine un élément important dans l'étude des courbes : *la courbure*. Soit ds la longueur d'un arc infiniment petit pris à partir d'un point P, et $d\alpha$ l'angle des deux tangentes aux extrémités de cet arc; le rapport $\frac{d\alpha}{ds}$ s'appelle la *courbure moyenne* de l'élément ds, et la limite de ce rapport quand ds tend vers o est la *courbure* au point P. L'inverse de la courbure est le *rayon de courbure* : nous le désignerons par ρ; il est égal à la limite de $\frac{ds}{d\alpha}$, et peut se calculer par la formule :

$$\rho = \frac{\left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}{\frac{d^2y}{dx^2}}$$

Si par le point P, on mène une perpendiculaire à la tangente, cette droite prend le nom de *normale*, et si l'on prend sur la normale à partir du point P, du côté de la concavité de la courbe une longueur égale au rayon de courbure ρ, on obtient un point qu'on appelle le *centre de courbure* (V. ce mot). C'est le point de rencontre de deux normales infiniment voisines. On remarquera que le centre et le rayon de courbure se confondent respectivement avec le centre et le rayon du cercle osculateur au point P (V. Centre et Circonférence). Il résulte de l'expression du rayon de courbure que ce rayon est infini aux points d'inflexion : la courbure est donc nulle en ces points.

Parmi tous les points *singuliers* que peuvent présenter les courbes planes, nous signalerons : 1° les points *doubles* ou multiples, où se croisent plusieurs branches de la même courbe ; 2° les points de rebroussement où deux branches de la courbe s'arrêtent brusquement en devenant tangentes l'une à l'autre, et qui sont de première ou de seconde espèce, suivant que les deux branches de courbe sont de part et d'autre, ou du même côté de la tangente ;

3° Les points anguleux où la tangente change brusquement de direction ;

4° Les points d'arrêt où la courbe finit brusquement.

Lorsqu'une branche de courbe s'éloigne à l'infini, il arrive le plus souvent que les points de la courbe, à mesure qu'on s'éloigne sur la branche infinie, s'approchent indéfiniment d'une certaine droite qui a reçu le nom d'*asymptote* et qui, dans la généralité des cas, est la position limite vers laquelle tend une tangente dont le point de contact s'éloigne à l'infini. Les directions des asymptotes s'obtiennent en cherchant vers quelle limite tend le rapport $\frac{y}{x}$ quand l'une des deux coordonnées x et y devient infinie. Certaines courbes transcendantes peuvent présenter des points asymptotes, ou des cercles asymptotes, comme il arrive pour certaines espèces de spirales. Les branches de courbes infinies qui n'ont pas d'asymptote rectiligne ont souvent des paraboles asymptotes.

Dans les courbes gauches qui sont définies par deux équations : $F(x,y)=o$, $F_1(x,y)=o$ la tangente est donnée par l'équation différentielle :

$$\frac{X-x}{dx}=\frac{Y-y}{dy}=\frac{Z-z}{dz}$$

La courbure est toujours la limite du rapport $\frac{d\alpha}{ds}$, et le rayon de courbure a pour expression :

$$\rho=\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{d^2x}{ds^2}\right)^2+\left(\frac{d^2y}{ds^2}\right)^2+\left(\frac{d^2z}{ds^2}\right)^2}}$$

Seulement au lieu d'une seule normale perpendiculaire à la tangente, il y en a une infinité dont l'ensemble constitue le *plan normal*. De plus, si l'on considère le plan passant par trois points voisins de la courbe, ce plan tend généralement, lorsque les trois points se rapprochent indéfiniment, vers une position limite qu'on appelle le *plan osculateur* et dont l'équation est :

$$\left(\frac{dy}{ds}\frac{d^2z}{d^2s}-\frac{dz}{ds}\frac{d^2y}{ds^2}\right)\left(X-x\right)$$
$$+\left(\frac{dz}{ds}\frac{d^2x}{ds^2}-\frac{dx}{ds}\frac{d^2z}{ds^2}\right)\left(Y-y\right)$$
$$+\left(\frac{dx}{ds}\frac{d^2y}{ds^2}-\frac{dy}{ds}\frac{d^2x}{ds^2}\right)\left(Z-z\right)=o$$

L'angle $d\beta$ que font entre eux deux plans osculateurs infiniment voisins s'appelle l'angle de *torsion* ou de courbure de seconde espèce. La torsion est la limite du rapport $\frac{d\beta}{ds}$ et le rayon de torsion ρ' en est l'inverse $\frac{ds}{d\beta}$. Si l'on désigne par A, B, C les trois coefficients qui figurent dans l'équation du plan osculateur et par Δ le déterminant :

$$\Delta=\begin{vmatrix} \frac{dx}{ds} & \frac{d^2x}{ds^2} & \frac{d^3x}{ds^3} \\ \frac{dy}{ds} & \frac{d^2y}{ds^2} & \frac{d^3y}{ds^3} \\ \frac{dz}{ds} & \frac{d^2z}{ds^2} & \frac{d^3z}{ds^3} \end{vmatrix}$$

Le rayon de torsion aura pour expression :

$$\rho'=\frac{\sqrt{A^2+B^2+C^2}}{\Delta}$$

En résumé, la courbure de première espèce mesure, pour ainsi dire, de combien la courbe s'écarte d'une ligne droite tandis que la torsion mesure de combien elle s'écarte d'une courbe plane.

Un très grand nombre de courbes planes ont reçu des applications dans les arts et l'industrie : il suffit de citer la *circonférence*, l'*ellipse*, l'*hyperbole*, la *parabole*, la *cycloïde* et l'*épicycloïde*, la *développante de cercle*, la *chaînette*, etc. (V. ces mots). L'une des courbes gauches les plus usitées est l'*hélice* (V. ce mot) qui partage avec la ligne droite et la circonférence la remarquable propriété d'être en toutes ses parties superposable à elle-même, circonstance due à ce que la courbure et la torsion sont constantes pour tous les points de l'hélice.

En mécanique, on considère à chaque instant, sous le nom de la *trajectoire*, courbe décrite par un point mobile : dans cette acception, on appellera *courbe* le lieu des positions d'un point qui ne se déplace pas en ligne droite.

II. * **COURBE**. *T. de chem. de fer*. Rayon de courbure que présente l'axe de la voie ferrée sur les chemins de fer. La pose de la voie dans les courbes est une question importante, à cause du parallélisme des essieux des véhicules qui y circulent. Elle doit être envisagée à deux points de vue : d'une part, le rectangle indéformable, constitué par les essieux de chaque véhicule, doit pouvoir s'inscrire dans l'anneau curviligne formé par les deux files de rails ; d'autre part, la circulation du matériel doit s'y effectuer sans éprouver d'autres résistances que celles qu'on a à surmonter dans les alignements droits de la voie. La première de ces conditions est assurée par le choix d'une limite au-dessous de laquelle il convient de ne pas descendre, pour le rayon des courbes. En France, on admet presque partout que cette limite minimum est de 75 mètres, si les machines ne doivent pas circuler dans la courbe, de 150 mètres si les machines de gare sont appelées à y passer, de 300 mètres quand il s'agit de machines de trains. Encore faut-il que la longueur de la courbe ne soit pas trop grande, pour que la résistance au roulement ne s'exerce pas à la fois sur tous les véhicules du train. En pleine voie, sur les lignes où l'on circule avec une grande vitesse, il est essentiel de ne pas descendre au-dessous d'un rayon de 500 mètres. Les premières lignes construites, en France, n'avaient même pas de courbes d'un rayon inférieur à 1,000 mètres. Sur les chemins à voie étroite, on peut admettre, sans crainte d'user trop rapidement le matériel et la voie, des rayons de 60 et de 125 mètres, au lieu de 75 et 300 mètres. Enfin, les voitures des tramways peuvent, en général, passer dans des courbes de 10 à 12 mètres, par exemple, au tournant des rues.

Pour remplir la seconde des conditions énoncées ci-dessous, il faut prendre quelques dispositions spéciales dans la pose de la voie, particulièrement en ce qui concerne le *jeu* et le *dévers*. Le jeu, ou plutôt le *surécartement* que l'on donne à la voie, empêche les boudins des roues de coincer dans les courbes ; il varie avec le rayon de la courbe et il devrait varier avec le rayon moyen de la jante et avec la hauteur du boudin des roues. On conserve, en général, la largeur normale de la voie, $1^m,445$, tant que le rayon de la courbe ne descend pas à 1,000 mètres. Au-dessous de cette limite, on fixe ordinairement les valeurs suivantes :

Rayon	Surécartement
1.000 mètres.	2 millimètres.
900 —	3 à 5 —
800 —	4 à 7 —
700 —	5 à 8 —
600 —	6 à 10 —
500 —	12 —
400 —	15 —
300 —	20 —

Le *dévers* de la voie est l'inclinaison que l'on donne, par rapport à l'horizontale, au plan des rails. A cet effet, le rail extérieur de la courbe est surhaussé d'une certaine quantité, de manière à créer une force centripète, capable de faire équilibre, ou à peu près, à la force centrifuge résultant de la vitesse dont les trains sont animés, et du rayon de la courbe qu'ils franchissent. Le surhaussement est toujours calculé pour les trains les plus rapides, en tenant compte toutefois de la réduction de vitesse que doit subir leur marche dans les courbes d'un faible rayon. Il atteint un maximum de 8 à 10 centimètres, pour des courbes d'un rayon de 400 mètres et pour des vitesses de 50 kilomètres à l'heure ; dans les courbes de 2,000 mètres, en admettant une vitesse de 80 kilomètres à l'heure, on donne encore au rail extérieur une surélévation de 3 à 4 centimètres.

Il résulte de ce qui précède que, si l'on ne prenait pas des précautions spéciales pour le raccordement d'une courbe circulaire avec un alignement droit, d'une part la largeur de la voie devait se réduire subitement de 1 à 2 centimètres, et d'autre part, le rail extérieur devrait s'abaisser

brusquement de quelques centimètres. Aussi fait-on généralement le raccordement des courbes suivant un arc de courbure décroissante, de manière que le surécartement et le surhaussement ne passent que graduellement de leur valeur à zéro. C'est ce qu'on appelle le *raccordement parabolique*. En ce qui concerne les moyens employés pour obtenir une courbe de rayon déterminé, au moment de la pose. — V. Voie. — M. C.

***COURBÉ, ÉE.** *Art hérald.* Meuble d'armoirie représentant un dauphin ou un bar plié en arc. || Se dit des fasces voûtées en forme d'arc.

***COURBURE.** *T. de géom.* On désigne sous le nom général de courbure d'un arc de courbe l'angle formé par les tangentes, aux extrémités de cet arc (V. Courbe). Cette définition s'applique aux courbes planes ou gauches. Le plus souvent on compare la courbure de l'arc à sa longueur : le rapport de ces deux quantités est ce qu'on nomme la courbure moyenne ; enfin la courbure *en un point* est la limite de la courbure moyenne d'un arc, dont les deux extrémités se rapprochent indéfiniment du point considéré. D'après cette définition, la courbure d'un cercle est égale à l'inverse du rayon et, comme cette quantité peut passer par toutes les valeurs, elle peut servir de type de comparaison, et on assimile toujours, en effet, la courbure des courbes à celle d'un cercle de rayon convenable ; la position du centre de ce cercle et son rayon ont été définis au mot Centre, § *Centre de courbure*.

L'étude de la courbure des lignes tracées sur les surfaces est le point de départ d'une série de propriétés intéressantes, auxquelles se rapportent les théorèmes célèbres d'Euler et de Meunier. D'après la définition même de la courbure, on peut se représenter chaque *élément* d'un arc de courbe comme confondu avec celui d'un cercle de rayon convenable, qui est le cercle osculateur, et l'on peut ajouter que la courbure moyenne est caractéristique de la *forme* de la courbe.

COURBURE DES BOIS. *T. techn.* On rend les bois courbes : 1° en les posant sur des supports au-dessus du feu ; 2° en les soumettant à l'action de la vapeur qui les amollit, et en les portant ensuite sur des formes qui leur donnent la courbure déterminée ; 3° en les laissant dans une étuve sous du sable chaud et mouillé et en leur faisant subir l'action des formes spéciales.

***COUREUSE.** *T. techn.* Machine de cordier. — V. Câble en chanvre.

COURGE. *T. de constr.* Corbeau de fer ou de pierre portant le manteau d'une cheminée sans chambranle. || *T. de bot.* Genre de plantes qui renferme plusieurs espèces, et dont les pepins donnent une huile verdâtre ou blanche selon qu'on l'extrait à froid ou à chaud ; elle a une saveur assez supportable pour servir aux usages culinaires, mais elle est mieux employée pour l'éclairage, car elle brûle bien et donne une lumière très vive.

COURONNE. Les sens de ce mot sont nombreux : en le restreignant aux acceptions dans lesquelles il est pris par le monde de l'industrie et des arts industriels, nous le trouvons encore appliqué à la désignation de divers ornements usités en architecture et en sculpture décorative ; toutefois les ornemanistes emploient plus volontiers l'expression *couronne*, et les architectes, le terme *couronnement*. Nous nous attacherons spécialement à l'ouvrage d'orfèvrerie qui a toujours été appelé *couronne*, et qui a son histoire, même en dehors de la politique.

Viollet-le-Duc, à l'inépuisable érudition duquel il faut toujours avoir recours, définit ainsi la couronne : « Un cercle d'orfèvrerie, que les personnages nôbles des deux sexes posaient sur leur tête, autant comme ornement que comme signe de dignité », Nous n'oserions affirmer que cette définition s'applique aux diadèmes de la Grèce et de Rome, de l'Egypte, de l'Inde et de l'extrême Orient. Les premières et les plus simples couronnes ont été certainement des rameaux de chêne, de laurier, d'olivier et de fleurs diverses, entrelacés avec plus ou moins de goût, offrant un symbolisme varié et ayant même certaines propriétés curatives et préservatrices, le laurier surtout, que les Romains considéraient comme éloignant la foudre de la tête qui en était ornée. On affirme que César, dont la calvitie est bien connue, fit choix d'une branche de cet arbuste précisément pour éviter d'être foudroyé. Mais les couronnes de fleurs et de feuillage ne sont pas du domaine industriel ; celles d'orfèvrerie, au contraire, qui procèdent de la tiare et de la mitre orientales, constituent des œuvres d'art et sont devenues avec le temps, des signes distinctifs et caractéristiques.

L'art byzantin, qui dérive de l'art asiatique, a produit de riches couronnes que l'Occident a imitées, ainsi qu'il s'est assimilé l'architecture, la sculpture et la peinture de Byzance : les couronnes des rois Visigoths, par exemple, que possède le Musée de Cluny, sont une évidente imitation des diadèmes que portaient les monarques assyriens, persans, indous, et que l'on retrouve aujourd'hui dans les fouilles des vieilles cités de l'Asie. Elles consistent soit en un cercle d'or, avec charnières, soit en un réseau de fuseaux d'or reliés par des boutons de saphirs, soit en plusieurs plaques planes de métal, avec charnières pour épouser la forme de la tête. Le type le plus connu et le plus complet de ce genre de couronne est celle qu'on assure avoir été portée par Charlemagne, et qui est conservée au Trésor impérial de Vienne ; ce fameux diadème est un assemblage de huit plaques d'or ciselé, ornées de pierres précieuses, de perles et d'émaux avec un cimier, ou couronnement, en forme d'arcade pour relier et unifier les plaques. Les rois francs de la période mérovingienne et les autres souverains occidentaux qui ont vécu à la même époque ont tous porté des couronnes modelées sur ce type, ou sur celui que présentent les diadèmes des rois Goths.

Jusqu'au XII^e^ siècle, les couronnes affectent la forme cylindrique ; à partir du XIII^e^, elles s'évasent et reçoivent un plus grand nombre d'ornements ; les joyaux de toute sorte y abondent, notamment les pierres précieuses saillantes, auxquelles est resté le nom de *cabochons*. La fleur de lys y occupe toujours la place d'honneur : mais toute la flore architectonique et sculpturale du temps lui fait escorte ; les orfèvres d'alors martèlent et découpent les feuilles d'érable et de chêne, la passiflore, ou fleur de la passion, l'ache, l'ancolie, la chélidoine, le trèfle, l'aristoloche, etc., d'abord dans leur forme et avec leurs dimensions naturelles, puis amplifiées, évidées, allongées et ramenées à des types de fantaisie, comme les animaux héraldiques.

A partir du XIV^e^ siècle, le nombre des fleurons et ornements de toute nature varie selon la dignité du personnage appelé à porter la couronne. Au fur et à mesure que

l'aristocratie féodale s'abaisse devant le pouvoir royal, celui-ci affirme l'agrandissement de son pouvoir, non seulement en surchargeant d'ornements le diadème qui en est le signe extérieur, mais encore en multipliant le nombre de ces pièces d'orfèvrerie, qui s'entassent dans le Trésor royal.

Mais à partir du xv^e^ siècle, le bonnet, la toque, le chapeau même deviennent insensiblement la partie principale de la coiffure royale, et la couronne proprement dite n'en est que l'accessoire. On voit alors se détacher, sur la soie, le satin, le velours, et autres riches étoffes, les nombreux motifs de décoration qui adhéraient autrefois au cercle d'or et aux plaques de métal. Les charnières ne sont plus nécessaires; la couronne est une coiffure et non plus une pièce d'orfèvrerie. Le type le plus connu et le plus vulgaire de ce genre de couronne est le fameux chaperon de Louis XI, orné de petites statuettes de la vierge et des saints, dont le superstitieux monarque revendiquait la protection. Ce modèle grossier a inspiré les illustrateurs de fantaisie qui, depuis Larmessin, nous ont donné des *Galeries* de rois de France couronnés : les monarques des quatre ou cinq derniers siècles y apparaissent coiffés de véritables *casquettes*, sur lesquelles l'artiste dispose des fleurs de lys et autres ornements.

Cette dégénérescence de la couronne a eu sans doute pour origine l'usage d'accommoder le diadème aux exigences de la toilette féminine et d'en faire une partie intégrante de la coiffure. Les miniatures du moyen âge nous représentent les impératrices, les reines, les princesses et autres dames titrées portant la couronne sur les *hennins*, sur les *escoffions* et même sur les *cornes*. La mode contemporaine n'a-t-elle pas créé, pour les souveraines, les diadèmes en roses et en brillants, diadèmes tenant au peigne, aux épingles et posés par la main du coiffeur, tandis que la couronne primitive était absolument indépendante de la toilette et se posait librement sur la tête, comme dans les cérémonies du couronnement?

Les villes elles-mêmes, considérées comme des seigneuries collectives ont composé leurs armoiries d'une couronne figurant une enceinte et des tours; on lui donne le nom de *couronne murale*.

Dans les âges modernes, les couronnes impériales et royales n'ont pas conservé leurs types traditionnels; l'art, la fantaisie, le goût du moment en ont le plus souvent inspiré la forme et les détails. Le diadème a, d'ailleurs, perdu toute son importance, depuis qu'il n'est plus porté que le jour du sacre ou du couronnement. — L. M. T.

Couronne. *T. de mar.* Cercle en fer fixé à la partie inférieure du cabestan pour virer les câbles chaînes. || *T. de fortif. Ouvrage à couronne* ou *couronne*. Ouvrage qui s'avance dans la campagne et qui est composé d'un bastion entre deux courtines, et de deux demi-bastions qui terminent ces courtines. || Voûte d'un four. || Cercle dans lequel on introduit le verre d'une lampe. || Sorte de papier dont la marque est une couronne filigranée. || *Art. hérald.* Outre la couronne impériale ou royale dont il a été parlé à l'article précédent, c'est l'ornement que la noblesse porte sur ses armoiries; on distingue la *couronne ducale*, cercle d'or, orné de pierres précieuses, à huit grands fleurons refendus (feuilles d'ache); la *couronne de marquis*, cercle d'or à quatre fleurons alternés de trois perles en forme de trèfle; la *couronne de comte*, cercle d'or orné de seize grosses perles au-dessus; la *couronne de vicomte*, cercle d'or garni de quatre doubles pointes surmontées chacune d'une perle; la *couronne de baron*, cercle entrelacé de rangs de perles, trois à trois en bandes.

* **COURONNÉ, ÉE.** *Art. hérald.* Surmonté d'une couronne. || Se dit de l'animal dont la tête est ornée d'une couronne de même émail ou d'émail différent.

COURONNEMENT. *T. techn.* Ornement qui termine l'ensemble d'un édifice, d'un meuble. || *Art hérald.* Ornement qui se met en tête d'un écusson.

* **COURRIÈRES.** La concession des mines de Courrières, est l'une des deux premières qui aient été instituées dans le Pas-de-Calais. La concession primitive, instituée le 5 août 1852, comprenait 4597 hectares. Deux extensions accordées, le 27 août 1854 et le 23 juillet 1874, ont porté son extension à 5459 hectares. Elle est limitée de toutes parts par les concessions de Lens, Meurchin, Carvin, Dourges, Drocourt et Liévin.

La fosse n° 1 de Courrières, ouverte en 1849, a été terminée en 1851. Actuellement il y a six fosses en exploitation. La fosse n° 1 a été, en 1882, faiblement exploitée, le puits n° 2 a été l'objet d'améliorations notables dans les procédés d'extraction, et les puits 3, 4, 5 et 6 ont été le siège d'exploitations actives. La compagnie a commencé en janvier 1882, le fonçage d'un puits n° 7 entre les puits n^os^ 1 et 6.

Les chiffres suivants donnent une idée de l'exploitation en 1882 :

3,075 ouvriers et 41 machines à vapeur (1,649 chevaux).

Extraction	Charbon	740.364	tonnes.
	Escaillage	16.477	—
	Terre	47.891	—
	Eau	286.737.	—
	Vieux bois	3.207	—

La Compagnie possède 9 kilomètres de chemins de fer pour relier ses fosses avec le chemin de fer du Nord et avec le rivage de Harnes et 16 kilomètres de voies de garage.

Courrières possède toutes les qualités de houille désirables, depuis les houilles grasses à longue flamme jusqu'aux houilles maigres.

* **COURROI.** *T. techn.* Rouleau sur lequel on étend les tissus après la teinture. — V. aussi Corroi.

COURROIE. On donne ce nom à des bandes sans fin, qui servent à opérer la transmission de mouvement entre deux poulies éloignées à axes parallèles.

Les courroies peuvent être formées par une corde en chanvre ou en boyau, ou par des bandes de cuir, de caoutchouc, par des câbles métalliques, etc. Les cordes sont en général abandonnées à cause de leurs grandes facultés hygrométriques, qui en font varier les dimensions à chaque instant, toutefois, les cordes à boyaux sont encore employées pour de petites transmissions dans les outils à la main.

On distingue dans toute courroie, deux brins; le brin conducteur allant du tambour moteur au tambour mené, et le brin conduit revenant de celui-ci vers le premier. Les poulies conjointes ayant un même sens de marche, ou un sens contraire, suivant que les deux brins de la courroie sont parallèles ou croisés entre eux. La

transmission du mouvement s'exécutant en vertu du frottement qui s'exerce entre la courroie et les poulies, il y a lieu d'examiner les lois qui régissent ce phénomène. Si l'on désigne par T fa force capable de faire glisser une courroie sur un cylindre de rayon r, qu'elle embrasse sur une longueur s de la circonférence en la tirant par une de ses extrémités, cette courroie étant sollicitée à son autre extrémité par une force t ; f étant le coefficient de frottement entre les deux matières qui constituent la courroie et le cylindre, e la base des logarithmes népériens, on a la relation :

$$T = te^{\frac{fs}{r}}$$

M. Morin a établi par expérience les valeurs de f dans les divers cas les plus usuels :

0,47 pour les courroies à l'état ordinaire sur des tambours en bois ;

0,60 pour les courroies à l'état neuves sur des tambours en bois ;

0,28 pour les courroies à l'état ordinaire sur des poulies en fonte ;

0,38 pour les courroies à l'état humide sur des poulies en fonte ;

0,50 pour les cordes de chanvre sur les poulies ou tambours en bois.

Le rapport des deux forces T, t, dépend donc pour les mêmes matières, de la valeur $e^{\frac{fs}{r}}$, c'est-à-dire du nombre de degrés embrassés sur la circonférence du cylindre.

Quand on opère la transmission de mouvement entre deux poulies, à l'aide d'une courroie; à l'extrémité du rayon de l'une d'elles agit une résistance Q, et la transmission n'aura lieu qu'autant que la différence entre les tensions des deux brins sera au moins égale à la résistance Q. Il est facile de voir que la tension du brin conducteur correspond à la valeur de T, et celle du brin conduit à la valeur de t.

Il faudra donc remplir la condition :

$$T - t = Q$$

et en remplaçant T par sa valeur, en fonction de t, obtenue tout à l'heure, on a :

$$t = \frac{Q}{e^{\frac{fs}{r}} - 1}$$

d'où l'on déduira ensuite T en fonction de Q. Dans la pratique on augmente toujours ces valeurs de 1/10, pour se mettre à l'abri du glissement. M. Morin a établi ce que devient le terme $e^{\frac{fr}{s}}$, pour un certain nombre de valeurs du rapport $\frac{s}{r}$, ce qui simplifie considérablement le calcul des tensions supportées par les courroies. Ces résultats sont consignés dans le tableau de la colonne suivante .

Il est évident que lorsque les deux poulies ne seront pas semblables, soit qu'elles soient formées de matières différentes, soit que les rayons soient inégaux, on devra toujours établir le calcul en

Valeurs de $\frac{s}{r}$	Valeurs de $e^{\frac{fs}{r}}$					
	Courroies neuves sur tambours en bois	Courroies à l'état ordinaire		Courroies humides sur poulies en fonte	Cordes s. tambours ou poulies en bois	
		sur tambours en bois	sur poulies en fonte		brut	poli
0.2	1.87	1.80	1.42	1.61	1.87	1.51
0.3	2.57	2.43	1.69	2.05	2.57	1.86
0.4	3.51	3.26	2.02	2.60	3.51	2.29
0.5	4.81	4.38	2.41	3.30	4.81	2.82
0.6	6.59	5.88	2.87	4.19	6.58	3.47
0.7	9.00	7.90	3.43	5.32	9.01	4.27
0.8	12.34	10.62	4.09	6.75	12.34	5.25
0.9	16.90	14.27	4.87	8.57	16.90	6.46
1.0	23.14	19.16	5.81	10.89	23.90	7.95
1.5					111.31	22.42
2.0					535.47	63.23
2.5					2575.80	178.52

partant de la poulie pour laquelle la valeur de t est la plus grande, ce qui correspond par suite pour $e^{\frac{fs}{r}}$ à la valeur la plus petite.

Partant de cette donnée générale que l'on peut faire subir aux courroies en cuir, ordinairement employées, un effort de $0^k,25$ par millimètre carré de section, sans avoir à redouter un allongement trop rapide on pourra, une fois la valeur de T établie par rapport à Q, et l'épaisseur du cuir adoptée, calculer la largeur de la courroie, pour qu'elle puisse résister à l'effort supporté dans chaque section, et par suite établir la transmission.

De ce qui précède, on déduit aisément que la constance de la tension des courroies est une condition indispensable pour le fonctionnement régulier de la transmission. Pour éviter les variations dans cette tension causées par les allongements de la courroie, on a recours souvent au rouleau de tension ; c'est un rouleau, appuyant sur la courroie, dont l'axe est suspendu sur un levier coudé, oscillant autour d'une de ses extrémités et portant à l'autre un contrepoids. Le rouleau de tension devient indispensable, quand par suite de circonstances particulières, les poulies doivent supporter de légères modifications dans leur écartement.

M. Laborde, qui a publié un intéressant travail sur la détermination des largeurs des courroies, suivi de tableaux pratiques donnant les largeurs pour des transmissions de force et à des vitesses déterminées, pose les principes suivants ;

Les largeurs des courroies doivent être en raison directe des puissances transmises, la vitesse restant la même ; et en raison inverse des vitesses de marche, la puissance restant constante.

De sorte que si l'on désigne par

$$L, F, V ; L', F', V',$$

les éléments correspondants de deux courroies.

$$L' = L\frac{F'V}{FV'}.$$

L'expérience ayant établi que : avec des poulies de même diamètre, c'est-à-dire dans lesquelles le

rapport $\frac{s}{r}=\frac{1}{2}$ une courroie de 0m,081 de largeur marchant à une vitesse de 162m,50 par minute, transmet dans de bonnes conditions la force d'un cheval-vapeur, on peut remplacer les éléments L, F V par leurs valeurs dans la formule précédente et en déduire une formule générale pour la valeur de L, en fonction de F et V

$$L=13,1625\frac{F}{V},$$

V étant la vitesse en mètre par minute.

Cette formule n'est réellement applicable qu'au cas où le rapport de l'arc embrassé sur la circonférence de la poulie est de 1/2. Il est facile de trouver la nouvelle valeur de L, si F et V restant les mêmes le rapport $\frac{s}{r}$ varie. En effet, la largeur varie proportionnellement à la tension; or, nous avons vu que :

$$t=\frac{Q}{e^{\frac{fs}{r}}-1}$$

Si L_1 est la nouvelle valeur cherchée relative à la condition $\frac{s_1}{r_1}$

$$L_1=L\frac{e^{\frac{fs}{r}}-1}{e^{\frac{fs_1}{r_1}}-1}$$

Le terme $e^{\frac{fs}{r}}-1$ peut être calculé une fois pour toutes, il est égal à 1,41, le tableau précédent permet de calculer $e^{\frac{fs_1}{r_1}}$ ponr les diverses valeurs de $\frac{s_1}{r_1}$, l'on peut donc calculer L_1. Voici le résultat du calcul pour un certain nombre de cas :

Valeurs de $\frac{s_1}{r_1}$	Valeurs du terme $\frac{1.41}{e^{\frac{fs_1}{r_1}}-1}$
0,2	3,36
0,3	2,04
0,4	1,38
0,5	1,00
0,6	0,75
0,7	0,58
0,8	0,46
0,9	0,36
1,0	0,29

Courroies en cuir. Il faut employer pour leur fabrication du cuir de bonne qualité, parfaitement corroyé, d'une épaisseur uniforme. Elles doivent pouvoir, autant que possible, se ployer dans toutes leurs parties, ne pas être doublées, mais formées d'une simple épaisseur de cuir, car malgré tous les soins apportés pour coudre deux bandes l'une sur l'autre, il y a toujours une tendance au glissement entre ces deux lames. Leur épaisseur ne doit pas augmenter au-delà de certaines limites pour ne pas altérer la flexibilité, c'est la largeur qu'on fait alors varier dans ce cas.

La fabrication des courroies, se fait soit à la main, soit à la mécanique, et comprend toujours les opérations suivantes :

1° Tension des croupons ou moitiés de peau; 2° découpage en bandes; 3° égalisage des bandes; 4° jonction des bandes ; 5° tension des courroies.

La tension des croupons a pour objet de détruire les plis ou poches qui peuvent subsister même après un corroyage soigné. Elle s'exécute en saisissant la peau par une extrémité dans une pince, et en attachant l'autre extrémité sur un treuil à manivelle, qui opère la tension, qu'on laisse subsister jusqu'à ce que la peau soit amenée à l'état voulu.

Le découpage à la main offre certaines difficultés, pour obtenir des bandes à arètes bien droites et bien parallèles, on y arrive facilement à l'aide d'une machine disposée au-dessus d'une table en fonte sur laquelle on étend le cuir, et composée d'un système de deux chariots, dont l'un muni d'un couteau peut être déplacé perpendiculairement au premier, puis entraîné ensuite avec celui-ci dans le sens longitudinal de la table.

L'égalisage des bandes, et la préparation des jonctions qui consiste à amincir les extrémités des bandes, sont des opérations en tous points analogues à celles du *corroyage* (V. ce mot), et qu'on exécute par les mêmes procédés et avec des machines semblables.

La jonction des bandes, destinée à former d'abord la longueur voulue pour la courroie, puis à fermer, la bande ainsi préparée, en courroie sans fin se pratique de diverses manières. On peut l'obtenir, soit par la couture des diverses pièces les unes sur les autres, couture à la main ou à la machine, mais ce procédé offre l'inconvénient de ne pas pouvoir offrir de remède contre l'allongement. Aussi n'est-il que peu employé pour fermer la courroie, et a-t-on recours dans ce cas à d'autres moyens. Les coutures sont faites dans de petits sillons tracés sur le cuir, et abattues au marteau et au laminoir. On peut à la couture substituer le vissage comme s'il s'agissait des chaussures.

Pour fermer la courroie, on emploie des boutons à vis à têtes très plates pouvant se noyer dans le cuir, mais l'on ne peut ainsi modifier les points d'attache qu'après un allongement d'une certaine valeur. On y substitue quelquefois un système à boucle, qui ne peut s'appliquer aux courroies croisées. Le nombre des dispositions imaginées pour cet usage est d'ailleurs assez considérable, voici entre autres celles qui sont particulièrement recommandables. L'une due à M. Ladrelle, se compose de petites bandes en bronze de forme rectangulaire, munies à chacune de leur extrémité d'un œil donnant passage à des clavettes en acier. On rapproche les extrémités de la courroie, on les applique bord à bord en relevant un peu ceux-ci, on les traverse normalement par les bandes de cuivre, et on enfile les clavettes, qui maintiennent tout le système. Les bandes et les clavettes sont classées avec des numéros appropriés aux différentes épaisseurs de courroies employées :

Le système Scellos est de la plus grande sim-

plicité, une pièce de cuivre en forme de fer à double T, dont la branche intérieure a comme hauteur l'épaisseur de la courroie. Avec une pince coupante, appropriée, on fait sur les bords de la courroie dans le sens de la longueur, une incision, mesurée pour donner passage aux branches horizontales du double T, qu'on retourne sur lui-même à angle droit une fois mis en place. Dans cette position, les deux brins de la courroie sont réunis de la façon la plus solide.

Installation des commandes par les courroies. Dans toutes les installations d'ateliers mécaniques, les courroies servent à transmettre la force vive d'un ou plusieurs arbres de couche, commandés directement par le moteur, aux diverses machines-outils disséminées dans l'atelier, en reliant deux poulies, l'une montée sur cet arbre de couche, l'autre sur la machine. Il est à chaque instant nécessaire de pouvoir isoler une de ces machines, une portion de force vive qu'il serait avantageux d'économiser. Enfin, le voisinage de la courroie pour le conducteur de la machine, souvent obligé d'y faire quelques modifications est la source de nombreux accidents quelquefois très graves, ces accidents se renouvellent encore lorsque la courroie vient à abandonner la poulie folle, et que l'ouvrier veut la remettre en prise. Parmi les nombreux moyens imaginés pour remédier à ces diverses conditions, il faut citer celui dû à M. Herlaud qui lui a valu de nombreuses récompenses, et qui est représenté par la figure 595.

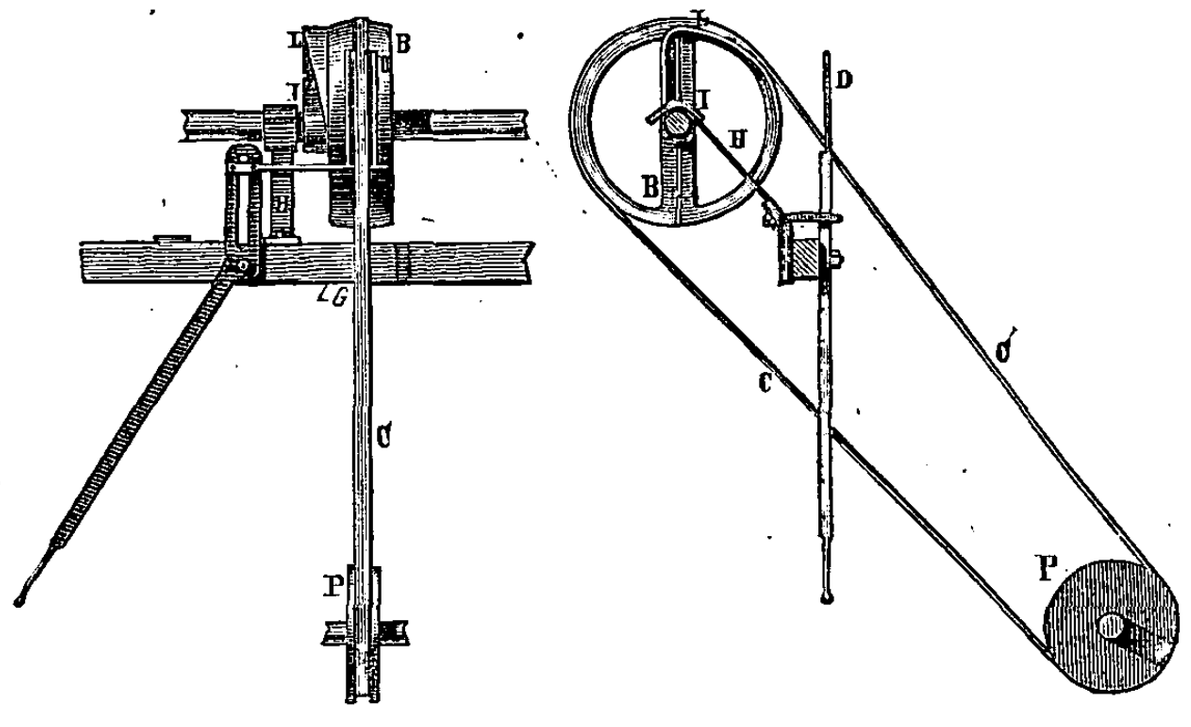


Fig. 595.

A côté du tambour moteur B, monté sur l'arbre de transmission qui, à l'aide de la courroie C commande la poulie P de la machine actionnée, est disposée une lame métallique L qui prolonge la surface de ce tambour pendant un quart de circonférence environ pour faire ensuite un coude brusque et venir aboutir à l'arbre de transmission, qu'elle entoure, en présentant depuis son point d'émergence avec le tambour une largeur qui croît jusqu'à devenir supérieure à la largeur de la courroie. Au-dessous de l'arbre de transmission et parallèlement est fixée une poutre portant une fourchette D, armée d'un levier se déplaçant entre deux butoirs, et à l'aide de laquelle l'ouvrier peut, de sa place ordinaire, mettre en prise, ou désembrayer la courroie. Cette poutre porte encore un plan incliné H, placé entre la tête du levier et le tambour B, à l'extrémité duquel est attachée une lame métallique I plus large que la courroie et se repliant cylindriquement autour de l'arbre de transmission qu'elle ne touche pas. Quand l'ouvrier débraye la courroie, celle-ci tombe sur la surface I et devient flottante, s'il veut au contraire embrayer, il ramène au moyen de la fourchette le brin conducteur en face du tambour, celui-ci qui n'a pas cessé de tourner saisit la courroie par le coude de la lame L et la courroie de nouveau tendue est entraînée au premier tour et replacée sur le tambour.

Courroies en caoutchouc. L'emploi du caoutchouc dans la confection des courroies présente un certain nombre d'avantages, dont il est facile de se rendre compte. On peut, avec cette matière, obtenir des courroies de telle longueur qu'on désire, ne présentant qu'un seul point de jonction,

ce que le cuir ne peut pas toujours offrir, l'homogénéité de la matière est beaucoup plus assurée par son mode propre de fabrication, on n'a donc plus à craindre des variations de résistance dans les différentes sections, ainsi que cela se présente dans les courroies en cuir. Elles sont imperméables et peuvent seules résister dans certains cas à l'influence d'atmosphères corrosives. Un autre avantage encore consiste dans leur flexibilité, qui permet lorsqu'on les enroule plusieurs fois sur la poulie, d'augmenter l'adhérence sans avoir à redouter de perte de force, soit par le glissement, soit par l'usure, etc.

On fabrique des courroies en caoutchouc, en gutta-percha, ou bien avec ces mêmes matières et l'interposition d'un treillis de toile, analogue à la toile à voile, dont on peut disposer plusieurs épaisseurs entre les lames de caoutchouc. Ces courroies, dites *mixtes*, offrent de grands avantages. M. Tresca a fait au Conservatoire des Arts et Métiers, une série d'expériences sur le mérite relatif des courroies en cuir, en caoutchouc, en gutta-percha et mixtes, dont nous reproduisons les intéressantes conclusions. — V. Caoutchouc, *Feuilles de caoutchouc laminées.*

Les courroies en cuir présentent un allongement des plus variables, ce qui provient de la tension primitive à laquelle on est obligé de les soumettre pour éviter les variations de cet allongement pendant la marche. L'on a constaté que l'allongement était de 1/10 de la longueur, avec des charges de 0^k,77 par millimètre carré de section pour le cuir, de 0^k,70 pour les courroies mixtes, de 0^k,28 pour le caoutchouc et 0^k,25 pour la gutta-percha. Il y a donc peu de différence entre les courroies en cuir et les courroies mixtes, seulement pour doubler cet allongement, il ne faut porter la charge qu'à 1^k,66 pour le cuir, alors qu'elle doit être de 2^k,52 pour les mixtes. On peut admettre le chiffre de 1 kilog. comme charge moyenne dans les courroies mixtes, charge qui devient bien inférieure pour le caoutchouc et la gutta-percha, laquelle sous une charge de 0^k,35 se tire indéfiniment. M. Tresca recommande les courroies mixtes pour le cas de grandes transmissions en adoptant pour valeur de la charge par millimètre carré de section 0^k,50.

Courroies en câbles métalliques. De nombreuses et attentives expériences, ont fait reconnaître, pour certains cas, les avantages de ce mode de transmission. Leur emploi ne rencontre, pour ainsi dire, aucune limite à la longueur des distances qui séparent les poulies conjointes, et si au-dessous de 40 mètres, il n'offre pas d'intérêt au-delà, il est le seul mode à conseiller. Les poulies peuvent toujours être en bois dur, à gorge profonde, un peu arrondie, avec une garniture de cuir ou de gutta-percha tendue sur la gorge dont les extrémités sont fixées par un coin dans un trou pratiqué dans le fond de cette gorge. Le bois est ainsi protégé. Ces poulies doivent avoir un diamètre de 1 mètre au minimum. Les câbles sont graissés à l'huile et au goudron. Dans les transmissions de grande longueur, on soutient le câble de 100 à 100 mètres par des poulies analogues; on peut ainsi modifier la ligne de transmission en un contour polygonal. M. Hirn a établi, par un calcul basé sur les données expérimentales et numériques recueillies dans une installation de ce genre, où la transmission s'opérait à une distance de 240 mètres, avec une poulie de soutien ; que si l'on compare la force consommée par le câble par rapport à celle que consommerait une transmission ordinaire par arbre de couche, la première de ces forces est à la seconde comme 1 : 15. Quant au rapport du coût d'établissement, il est dans ces deux cas comme 1 : 10. Aussi les câbles métalliques, dit-il, ont seuls la faculté d'établir des transmissions où l'on puisse franchir l'espace sans perte notable de force. Les câbles les plus généralement employés sont ceux de 4, 6, 9 et 12 millimètres de diamètre, composés de 36 fils, subdivisés en 6 torons de 6 fils chacun, réunis autour d'une âme en chanvre (V. pour les détails de fabrication au mot Câble). On en emploie également de plats, formés par l'assemblage d'un ou plusieurs cylindriques, cousus à l'aide d'un toron en fil de fer.

Courroies en papier. On emploie en Amérique des courroies en papier, et l'on a constaté que, en se servant des chiffons de lin, la matière obtenue offrait une résistance supérieure à celle du cuir. — R.

COURS. 1° *T. de constr. Cours d'assise.* Rang de pierres de même hauteur et posées de niveau dans toute la longueur d'un mur. || *Cours de plinthe.* Plinthe continue indiquant la séparation des étages dans un mur de face. || *Cours de pannes.* Suite complète de pannes posées bout à bout et qui forment la longueur d'un comble. || 2° *T. de tiss.* Toute armure a pour base un nombre de fils et un nombre de duites nécessaires à la formation d'un *grain*. Ce nombre de fils et ce nombre de duites est ce qu'on nomme à Lyon *un cours*. Dans d'autres parties de la France, on dit : *un rapport.*

I. * **COURSE.** *T. de mach.* Distance comprise entre les deux portions extrêmes d'un point choisi sur une tige de piston, de tiroir, de pompe, etc.

Depuis longtemps déjà, on fait usage de machines dans lesquelles l'arbre est placé soit au-dessous, soit au niveau de l'axe des cylindres ; or, il est important qu'il ne puisse y avoir aucune indécision sur ce que l'on entend par *haut* ou par *bas de course*, c'est pourquoi on a admis la convention que l'on donnerait la dénomination de *haut de course* ou de *point mort haut*, à la position la plus rapprochée de l'arbre de couche, et que la position la plus éloignée de l'arbre serait qualifiée de *bas de course*, ou de *point mort bas*. Dans les machines du système dit *à pilon*, où l'arbre est situé au-dessous du cylindre, le langage technique est donc complètement en désaccord avec celui usuel, puisque le point mort haut correspond à la position la plus basse du piston.

L'orifice servant à l'introduction de la vapeur dans le cylindre prend le même qualificatif que celui du point mort du piston ; on dit : *orifice haut vapeur* ou *orifice bas vapeur*.

Un piston, conduisant une manivelle, ou conduit par elle, a une course égale à deux fois le rayon de la manivelle. Un tiroir ou un piston de pompe mené par un excentrique a une course égale à deux fois le rayon d'excentricité, s'il est attelé directement; dans le cas contraire, la course peut être augmentée ou amoindrie à l'aide de leviers de transmission. La demi-course est la position occupée par un piston, un tiroir, etc., lorsqu'il se trouve au milieu de ses deux positions extrêmes, on dit alors qu'il est à mi-course. Remarquons que la mi-course du piston ne comprend pas la moitié du chemin parcouru par la manivelle ou le rayon d'excentricité, à partir de l'un des points morts, à cause des obliquités de la bielle. Un tour de machine se compose de deux fois la course du piston, ou en langage technique de deux coups simples.

II. * **COURSE.** 1° *T. de tiss.* Sur une *mise en carte*, ce mot exprime soit le nombre absolu de fils compris dans le *rapport-chaîne* ou transversal de l'armure, soit le nombre absolu de duites comprises dans le *rapport-trame* ou longitudinal. Dans le *remettage*, il indique chaque répétition du rentrage des fils de l'armure dans le nombre de lisses correspondant au rapport-chaîne. Dans la *cadence* des pieds sur les pédales (tissage à bras), il s'applique au nombre de foules imposées aux pieds par le rapport-trame. Dans les *cartons-Jacquard*, il désigne la quantité de cartons compris dans une révolution complète du jeu fournissant le dessin du tissu. || 2° *T. de serrur. Course du pène.* Chemin que parcourt le pène dans la serrure. || 3° *T. d'émail. Tirer à la course.* Tirer l'émail en filets, après qu'on l'a passé liquide dans la cuiller.

COURSIER. *T. d'hydraul.* Canal ou conduit qui amène l'eau sur ou sous les roues d'un moulin; il est ordinairement entre les murs d'appui de la roue, et le fond est constitué par des madriers sur pilotis ou en pierres de taille cimentées.

* **COURT** (Les), émailleurs de Limoges du XVI^e^ siècle. Plusieurs artistes de ce nom, portant le même prénom *Jehan*, ont laissé des œuvres remarquables par leur composition et leur exécution ; le Louvre possède de Jehan Court I^er^ deux assiettes représentant le *mois d'avril* et le *mois d'octobre* (n^os^ 415 et 416).

COURTE-POINTE. *T. techn.* S'est dit de toute espèce de housse piquée dont on couvrait les meubles. C'est aujourd'hui le nom de la couverture qui recouvre le lit, et que l'on fait en soie ou autre étoffe piquée.

COURTINE. *T. de fortif.* Partie d'un front de fortification, qui réunit et ferme comme un rideau deux ouvrages saillants consécutifs, tels que bastions, redans, etc.

* **COURTOIS** (Bernard), chimiste, né en 1777, à Dijon, mort à Paris en 1838. On lui doit la découverte de l'iode (1811). En 1832, l'Académie des sciences lui décerna un prix de 6,000 francs, en récompense de ses utiles travaux.

* **COURTOIS** (Jean), émailleur du XVI^e^ siècle, il exerça à Limoges, où il exécuta finement des chasses et divers sujets signés I. C.

* **COURTOIS** (Pierre), parent du précédent et peintre émailleur comme lui, vivait à la même époque. Le Louvre possède quelques-unes de ses œuvres, entr'autres le *Repas des noces de Psyché* et les *Enfants de Niobé*.

* **COUSEUSE MÉCANIQUE ou MACHINE A COUDRE.** On entend sous le titre général de *couseuses*, toutes les machines qui ont pour but de substituer une opération mécanique au travail manuel dans la confection des coutures, avec toutes les variétés que comporte ce genre d'opérations.

Historique. Le problème de la couture mécanique a été l'objet, dès le commencement du siècle, de nombreuses recherches, tant en France qu'en Amérique, et bien que ce dernier pays ait le premier produit une machine destinée à obtenir ce résultat, et que depuis il ait fourni une grande partie des modèles employés couramment, on ne saurait méconnaître que la solution véritable de la couture mécanique ait été trouvée en France. La première apparition d'un procédé destiné à remplacer le travail manuel de la couture, par un mode plus rapide, date de 1804.

MM. Thomas Stone et Jones Henderson prennent en effet à cette date, un brevet pour une machine appliquée à la confection des vêtements. On y trouve une aiguille ordinaire saisie par des pinces et poussée au travers de l'étoffe, reçue et tirée par une seconde paire de pinces qui la fait repasser par dessus le bord de cette étoffe et ainsi de suite, en produisant le *point de surjet*. Ce procédé rapidement abandonné, bien que repris d'ailleurs sans succès plus tard, ne saurait être complètement passé sous silence, car c'est de lui qu'est né la machine à broder d'Heilmann, machine qui est restée dans l'industrie, et dont nous avons parlé dans le *Dictionnaire*. — V. Broderie.

Vers 1825, Thimonnier, tailleur à Amplepuy (Rhône), se livrait avec ardeur à la recherche de ce problème, et en 1830 il prenait un brevet pour un métier propre à la confection des coutures dites *à point de chaînette*. Cette machine, perfectionnée depuis, mais toujours dans le sens du point primitif, doit être regardée comme la *première* qui ait appliqué le mécanisme à la couture. Depuis cette époque les brevets se sont succédé d'une façon multipliée et sans aucune interruption. Les mentionner tous serait trop long et un peu fastidieux, nous nous bornerons à citer ceux qui offrent, soit une nouvelle idée, soit un perfectionnement capital, conduisant ainsi successivement aux outils merveilleux que l'on est tellement habitué à voir fonctionner aujourd'hui qu'on les regarde sans surprise. Walter Hunt, en 1834, puis Elias Howe en 1846, tous deux Américains, substituent à l'aiguille à crochet de Thimmonier, l'aiguille avec un œil près de la pointe, et ajoutent une navette constituant les machines à coudre à deux fils. Le nom d'Elias Howe est resté tellement célèbre dans l'industrie, qu'il n'est pas besoin de s'étendre beaucoup à son sujet. L'idée primitive de Howe, reprise par de nombreux travailleurs, donna lieu à autant de perfectionnements, parmi lesquels les plus connus, qui ont su conquérir une place marquée dans la pratique, sont ceux de MM. Wheler et Wilson (1850), Singer (1854), perfectionné un an plus tard par M. Caillebaut, Grovee et Baker, etc., qui, tout en conservant le même principe, ont modifié les organes, principalement la navette, soit dans sa forme, soit dans la nature de son jeu. Enfin une nouvelle catégorie de machines est créée ; dans laquelle on supprime la navette et où l'on emploie deux ai-

guilles, telle est la machine de Growee et Baker, perfectionnée par M. Goodwin, les machines de Otys Avery (1852) de M. Journau Leblond (1854), etc. Les perfectionnements se poursuivent alors sans cesse, et grâce à eux, les services que rend la machine à coudre prennent de plus en plus d'extension. Une fois les divers principes de fonctionnement trouvés, il s'agissait, en effet, de chercher à rendre ces instruments propres à la couture de toutes espèces de matières, étoffe, cuir, etc., de faire des ouvrages multiples comme les surjets, les applications, les rebords, les boutonnières, etc., ouvrages qui pour être rendus pratiques exigeaient, que le même modèle de machine put toujours servir, sauf à y ajouter des organes mobiles convenablement appropriés dans chaque cas. Ensuite certains ouvrages réclamaient l'emploi de fils spéciaux, ou une disposition relative à la nature même des pièces qu'on devait coudre, telles sont les machines à fil poissé de Howe, de MM. Hurtu et Hautin, les machines à coudre la chaussure de Blake, etc. Mais ces divers travaux ne forment en réalité que des perfectionnements de détail, le principe existait et depuis 1867, c'est dans cette nouvelle voie que se sont portés tous les efforts. Un autre but non moins intéressant poursuivi par les constructeurs, a été la recherche du bon marché d'établissement, lequel a concouru pour une grande part dans le développement si considérable qu'a pris l'emploi de ces machines.

Il n'y a pas à parler des applications de la machine à coudre, on peut dire qu'elles sont universelles. Elle a permis, à l'époque où le prix de la main-d'œuvre s'élevait sans cesse, alors que les besoins de la consommation conduisaient à un développement inconnu de production, notamment dans l'industrie du vêtement, de résoudre ce double problème : fabriquer beaucoup et à bon marché, tout en procurant à la main-d'œuvre un salaire rémunérateur. Aussi leur fabrication forme-t-elle une industrie spéciale. On peut évaluer à huit cent mille le nombre des machines à coudre établies annuellement dans le monde entier.

Nature des coutures exécutées par les couseuses. Avant de passer à l'étude des dispositions et des organes adoptés dans les machines à coudre, il nous semble intéressant d'examiner d'abord la nature des points réalisés dans les machines, et de montrer comment et quelles sortes de couture on peut exécuter ainsi. A ce point de vue, les machines peuvent se classer en quatre catégories distinctes. La première comprend celles où l'aiguille traverse entièrement l'étoffe d'outre en part, faisant *le point de surjet* ; les trois autres, celles où l'aiguille la perce seulement en s'y enfonçant partiellement. Les machines de ces trois catégories travaillent avec un ou deux fils, formant les points dits *de chaînette, de navette* ou *de double chaînette.*

Première catégorie. MACHINES A POINT DE SURJET. Dans ces machines l'aiguille traverse entièrement l'étoffe, comme dans la couture à la main, revient en arrière par dessus le bord et la traverse de nouveau, quand l'aiguille est à une seule pointe, avec un œil à l'autre extrémité ; ou bien traverse simultanément d'avant en arrière et d'arrière en avant, lorsqu'elle est à deux pointes avec un œil au milieu, produisant ainsi le point dit de surjet et le point de broderie, qu'il nous semble inutile de représenter. Ces machines, d'ailleurs, sont à peu près abandonnées aujourd'hui.

Deuxième catégorie. MACHINES A POINT DE CHAÎNETTE A UN FIL. L'aiguille disposée verticalement au-dessus de l'étoffe est susceptible de recevoir un mouvement alternatif de va-et-vient. En dessous de l'étoffe est une petite pièce capable de tourner concentriquement autour de l'aiguille, lorsqu'elle occupe sa position inférieure ; cette pièce porte un œil que traverse un fil continu se déroulant d'une bobine. Lorsque l'aiguille vient à descendre, elle pénètre dans l'étoffe, s'y engage, et son extrémité, munie d'un crochet la dépasse, le corps de l'aiguille restant engagé dans le trou ainsi fait. La pièce inférieure exécute alors son mouvement de rotation, enroule le fil autour de l'aiguille, celle-ci s'élève et entraîne avec elle le fil sous la forme d'une boucle. Le crochet de l'aiguille est, de nouveau, poussé au travers de cette boucle sur un autre point de l'étoffe, un peu en avant du passage précédent. Il abandonne cette boucle au-dessus de l'étoffe, va en cueillir une nouvelle en-dessous, qu'il élève à son tour en la faisant passer à travers la première, et ainsi de suite. On voit qu'il se forme une sorte de chaîne dont chacun des maillons passe à travers le précédent et qui, par cela même, unit entre elles les deux pièces de l'étoffe, ainsi que le montre la figure 596. Telle était la machine de Thimonnier, dont la figure 597 fait voir le mécanisme.

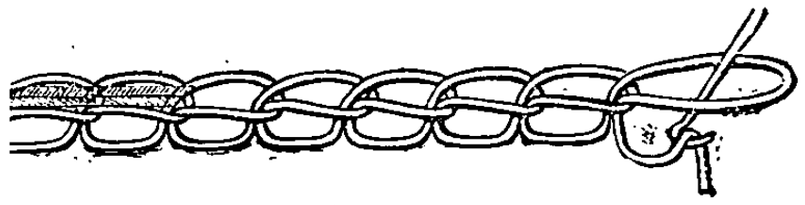


Fig. 596.

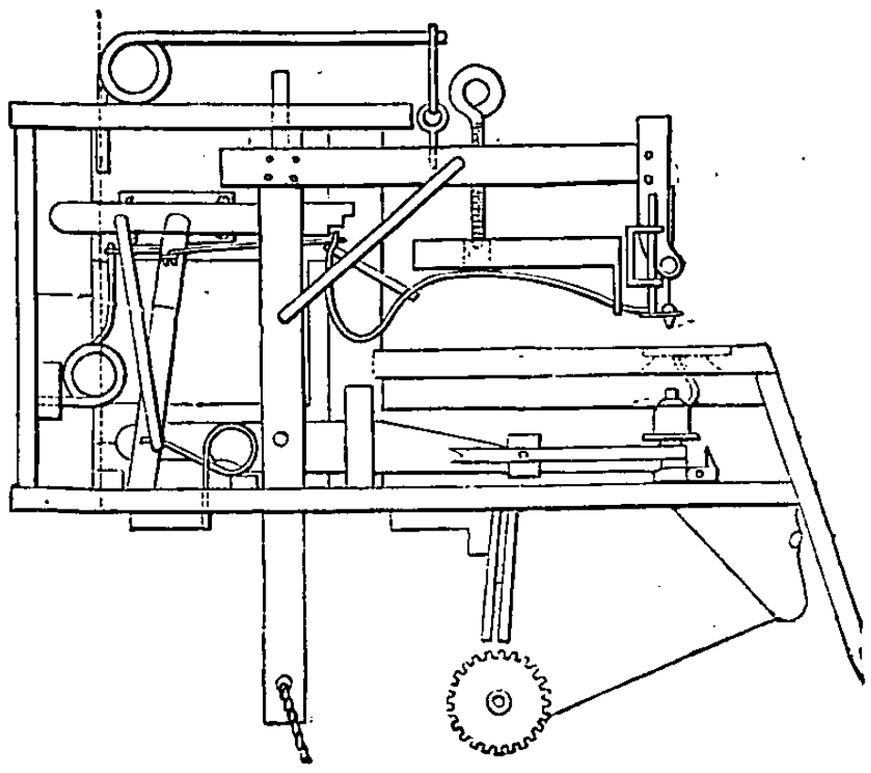


Fig. 597.

M. Singer a apporté de notables perfectionnements à ce genre de machines, et son modèle est un des plus avantageux de ceux de la catégorie qui nous occupe. L'aiguille à crochet est remplacée par une aiguille à œil où est passé le fil. Lorsque l'aiguille a traversé l'étoffe, un crochet qui se meut en dessous et à peu près à angle droit avec elle, pénètre entre le fil et l'aiguille, s'empare de ce fil, et dans son mouvement de retour forme une boucle ou maille ; lorsqu'on retire l'aiguille, cette maille se trouve naturellement

repoussée en arrière par rapport au sens de la progression de l'étoffe. On pousse alors l'aiguille et le fil dans le point voisin, le crochet ou *looper*, accompagné de la maille précédente est poussé en avant et pénètre entre le fil et l'aiguille. Dans son mouvement rétrograde, il reprend le fil et forme, quand l'aiguille se retire, une seconde maille qui passe au travers de la première. Celle-ci se trouve alors relâchée et forme le point. La figure 598 montre comment ce point se trouve exécuté. La

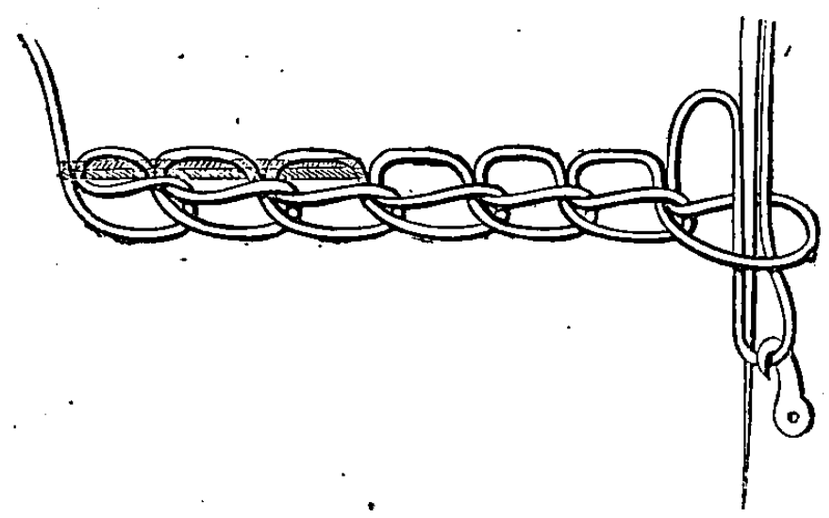


Fig. 598.

principale objection adressée à ce genre de point, est la facilité avec laquelle il est défilé, en tirant le fil côté où finit la chaînette quand il vient à manquer en un endroit. M. Singer a obvié à cette défectuosité en ajoutant un organe à sa machine, qui forme un nœud tous les huit points. Avec cette disposition, une couture ne peut jamais venir à manquer que sur une petite longueur, et la solidité de l'ouvrage est ainsi assurée.

Troisième catégorie. MACHINE A POINT DE NAVETTE A DEUX FILS. La catégorie de machines qui nous

Fig. 599.

occupe en ce moment, est presque entièrement originaire d'Amérique. Le but que les inventeurs s'étaient particulièrement proposé consistait à éviter les inconvénients du déraillement, qui se produisait beaucoup dans les machines de la précédente catégorie, et le type de ce nouveau genre est la célèbre machine de Howe. On y emploie une aiguille verticale, percée d'un œil près de la

Fig. 600.

pointe, dans lequel s'engage le fil. Cette aiguille traverse l'étoffe en entraînant le fil ; à un certain moment, elle remonte, faisant former ainsi au fil, au-dessous de l'étoffe, une boucle. Cette boucle est traversée par une navette porteur d'un second fil, qui revient en arrière sur elle-même. L'aiguille ayant de nouveau retraversé l'étoffe et ramenant son fil, il se produit un serrage par la boucle qu'elle avait formée du fil de la navette contre l'étoffe. La couture, dans ce cas, offre deux aspects différents, suivant la relation de la tension des deux fils. Si ces tensions sont égales, la couture offre l'aspect que montre la figure 599 et se présente avec un aspect identique sur les deux faces de l'étoffe. Si, au contraire, le fil de navette est plus tendre que celui de l'aiguille, le premier forme d'un côté une ligne continue, serrée de distance en distance par les boucles du fil de l'aiguille, qui donne sur l'autre face une série de points imitant le point arrière ou piqûre à la main (fig. 600).

Les machines de cette catégorie offrent un nombre de variétés assez considérable, dues aux efforts des divers inventeurs, qui se sont spécialement portées sur le jeu de la navette. Soit que celle-ci se meuve dans une coulisse rectiligne horizontale d'un mouvement de va-et-vient, soit que la navette soit insérée dans un petit disque animé d'un mouvement circulaire continu, soit enfin que la navette soit remplacée par un petit disque plat, tournant avec une vitesse constante dans un plan vertical. Ce disque porte un bord saillant en forme de croissant, qui occupe la plus grande partie de la circonférence, dont les cornes un peu saillantes pénètrent facilement dans la bouche du fil de l'aiguille. Une petite bobine garnie de fil est à l'intérieur du disque, et ce fil est passé à travers toutes les boucles du fil de l'aiguille.

Quatrième catégorie. — MACHINES A DOUBLE POINT DE CHAÎNETTE ET A DEUX FILS. Ce nouveau point est représenté par la figure 601. En le comparant au point de chaînette simple obtenu avec les deux

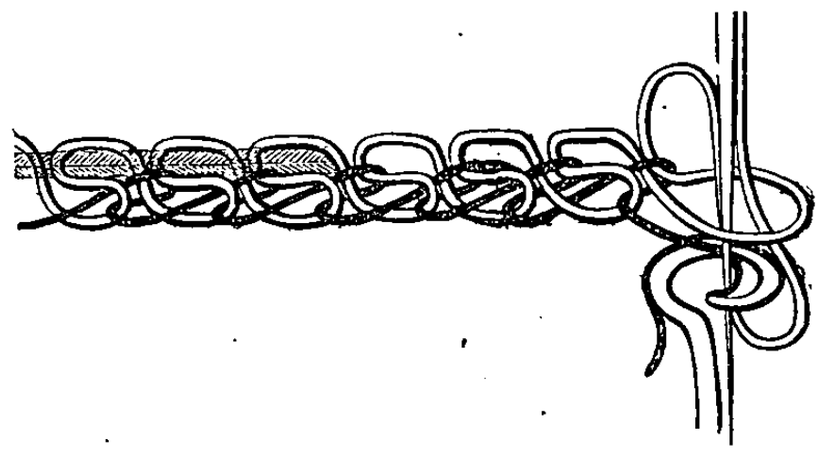


Fig. 601.

crochets, on voit que la différence provient de ce que le crochet inférieur ne se contente pas seulement de former une boucle dans le fil de l'aiguille, mais à faire passer autour des éléments de la première chaîne un second fil, formant à son tour une seconde chaîne. Outre la solidité, ce système permet de desservir les deux organes, l'aiguille et le crochet, par des bobines continues, ce qui est un grand avantage sur les navettes, dont l'entretien réclame certains soins. Les machines de cette catégorie ont reçu également des modifications portant sur le jeu de la seconde aiguille, modifications assez analogues à celles qu'on a fait subir à la navette. Ainsi, on trouve, pour l'aiguille inférieure, un crochet circulaire animé sur lui-même d'un mouvement de va-et-vient ; une aiguille rectiligne se déplaçant dans un plan horizontal, suivant une sorte de rectangle ; enfin, deux aiguilles semblables travaillant dans

un même plan vertical, mais avec des directions obliques l'une sur l'autre et d'une façon symétrique; la chaînette se trouvant entre les deux étoffes, qui ne présentent sur leurs faces qu'un point de piqûre ordinaire.

Trois natures de points sont donc en présence : le point de chaînette à un fil, le point de navette et celui de la double chaînette. Le choix à faire entre ces points varie avec la nature du travail à exécuter; toutefois le point de navette semble être, aujourd'hui, celui qui est employé, sinon d'une façon exclusive, du moins de la façon la plus générale. Le point de chaînette est réservé pour des travaux spéciaux, où une très grande élasticité est nécessaire, Le point de chaînette simple est susceptible de se défiler facilement. Le point de chaînette double, dit *point noué,* offre, de plus, l'inconvénient de consommer beaucoup de fil.

PRINCIPE DU MÉCANISME DES MACHINES A COUDRE. D'après ce que l'on vient de voir sur la nature des points exécutés par les machines à coudre, il est facile de concevoir d'une façon générale le mécanisme à l'aide duquel elles peuvent les exécuter. Ce mécanisme est assez variable quand on passe d'un modèle à un autre, bien que le principe demeure constant, et il serait à peu près impossible de donner la description de tous ces types différents, sans tomber dans des répétitions perpétuelles et sans pouvoir se dispenser d'un album complet de figures, sinon identiques, tout du moins très semblables. Il nous a semblé suffisant d'étudier le principe de l'exécution des mouvements à accomplir, exposition, qui permettra ensuite très facilement, de suivre la marche de chacun des modèles qu'on trouve dans l'industrie.

Les fonctions générales d'une machine peuvent se définir ainsi : 1° mouvement vertical de va-et-vient d'une aiguille traversant les étoffes à joindre, lequel mouvement peut se décomposer en plusieurs temps : descente, mouvement partiel ascendant, temps d'arrêt, retour à la position primitive, repos; 2° avancement progressif de l'étoffe entre deux points consécutifs produits par l'aiguille; 3° marche du second organe, aiguille, crochet ou navette, qui doit être corrélatif de celui de l'aiguille, soit d'un mouvement circulaire continu ou partiel de va-et-vient, ou bien horizontal avec les mêmes incidents. A côté de ces dispositions générales, il en est encore quelques-unes essentielles pour la réalisation du résultat cherché et qui consistent : à assurer la mise en place de l'étoffe sur la table pendant le jeu de l'aiguille, ainsi que le déroulement et la tension du fil, pour la régularité et la solidité de la couture. Toutes ces opérations s'obtiennent à l'aide de transmissions de mouvement mises sur un arbre tournant d'une façon continue. Ce mouvement, qui sert de point de départ, s'obtient à l'aide d'un volant monté sur cet arbre et commandé par une bielle reliée, d'une part, à un bouton excentrique du volant ou d'un engrenage, et de l'autre, par un procédé analogue, à un arbre animé d'un mouvement circulaire partiel de va-et-vient, à l'aide de pédales mues par les pieds de l'ouvrier; soit, plus simplement, par une courroie de transmission, quand la mise en fonctionnement se fait mécaniquement.

Cet arbre moteur principal est disposé horizontalement au-dessus de la table de l'appareil; il est porté par une sorte de bras à angle courbe fixé après la table, cette dernière disposition variant, d'ailleurs, à volonté, suivant le gré du constructeur. L'aiguille est fixée à une platine, au-dessus d'une petite fenêtre longitudinale percée dans la table. Cette platine est engagée dans une coulisse verticale et se termine par un excentrique en cœur, avec un évidement intérieur dans lequel roule un galet formant bouton excentrique d'un disque monté normalement sur l'arbre. On comprend aisément qu'avec une forme appropriée de l'évidement, le mouvement de rotation continu de l'arbre, soit transformé en un mouvement rectiligne de va-et-vient du porte-aiguille, décomposé dans les périodes que nous avons énoncées. Quant au second organe qui concourt à la formation du point avec l'aiguille; il est disposé au-dessous de la table que celle-ci traverse. Son mouvement est obtenu à l'aide d'un second arbre parallèle au premier, relié à celui-ci par un engrenage. Il n'est pas nécessaire d'insister pour montrer comment ce mouvement peut être continu ou périodique, soit dans un plan perpendiculaire à l'arbre, ou dans un plan horizontal; ce résultat s'obtient à l'aide de manivelles et d'excentriques. La connexité qui existe entre les deux arbres permet facilement d'établir la relation qui doit exister dans la décomposition des périodes complètes de chaque outil, pour que les diverses fractions se rapportent convenablement entre elles. Quant à la mobilité de l'étoffe, elle se réalise aussi aisément. La couture se composant d'une série de points également espacés, il est nécessaire que l'étoffe soit entraînée d'une quantité déterminée, en rapport avec l'écartement des points. Un disque circulaire, à jante striée, calé sur l'arbre qui commande le second organe, reçoit un mouvement périodique de rotation dans le même sens. Il vient affleurer tangentiellement l'un des bords de la fenêtre pratiquée sur la table, par où l'aiguille descend à travers l'étoffe. En même temps, un presseur, formé d'une fourchette, monté à angle droit sur un arbre vertical parallèle au porte-aiguille, par l'intermédiaire d'un ressort, appuie l'étoffe sur la table et contre le disque dont nous venons de parler. La tige, qui porte la fourchette, est munie d'une came et reçoit du premier arbre un mouvement de relèvement correspondant aux périodes de repos de l'aiguille, pendant la durée duquel l'étoffe, rendue libre, est alors entraînée par le disque qui, lui, est mis en mouvement. Lorsque ce disque repasse à l'état de repos, le premier revient en prise sur l'étoffe.

La came dont nous venons de parler est elle-même mobile et peut être disposée à volonté, soit pour recevoir l'action du mentonnet, soit pour en être isolée. Par le fait de la mise de la came dans cette seconde position, la tige qui porte la fourchette est relevée et l'étoffe est rendue libre. Cette disposition d'avancement est la plus simple et

l'une des premières adoptées. C'est une des parties du mécanisme de la machine qui ont le plus exercé la sagacité des constructeurs. La jante circulaire a été remplacée par une simple portion de cercle qui reçoit un double mouvement de rotation et d'élévation; dans quelques machines, l'outil qui détermine l'avancement de l'étoffe, au lieu de produire l'entraînement suivant une ligne droite, le détermine suivant un cercle, etc. Quant à l'amplitude des périodes de cet avancement, c'est-à-dire la longueur des points, on comprend aisément qn'elle se règle à volonté, en faisant varier à la main le jeu des organes de transmission qui relient l'entraîneur et l'arbre moteur. Enfin, pour compléter cette description générale, il nous reste à parler du déroulement du fil. Il est pris sur une bobine embrochée sur une tige fixée au bâti de la machine et est introduit dans l'œil de l'aiguille, en passant entre des rouleaux compresseurs qui assurent la tension de ce fil entre eux et l'aiguille. Toutefois, comme par suite du mouvement de va-et-vient de l'aiguille, la distance, entre le trou où est passé le fil et le rouleau tenseur, varie à chaque instant, afin que le brin de fil conserve la même tension, il passe sur la tête d'un petit levier articulé animé d'un mouvement de va-et-vient correspondant à celui de l'aiguille, modifiant le trajet parcouru par le fil et de façon, à ce que le développement de ce trajet entre le chas de l'aiguille et le rouleau tenseur soit toujours le même, quelle que soit la position de l'aiguille.

Diverses modifications de la machine à coudre pour des usages spéciaux. La nature des travaux exécutés par la machine à coudre, même en se bornant à la couture des objets ordinaires de lingerie ou de vêtement, présente un assez grand nombre de variétés : coutures rabattues, coutures gansées, etc. Les machines de tous les systèmes permettent de les réaliser, sans pour cela qu'on ait rien à changer à l'appareil. Il suffit d'ajouter sur la table, en avant de la fenêtre sur laquelle est entraînée l'étoffe, de petites pièces accessoires préparant et guidant le travail. Lorsqu'il s'est agi de coudre des matières dures et épaisses, il a été nécessaire de donner une puissance plus grande aux divers organes de la machine, puis d'en modifier, sinon le principe, au moins l'installation. C'est ainsi que les machines à coudre spécialement destinées à la cordonnerie et qui ont été décrites en détail (V. Cordonnerie), au lieu de présenter une table plane séparant l'aiguille et la navette, offrent au-dessus de cette table un organe de forme variable, cylindrique comme la machine à canon de Howe, recourbé en bigorne comme dans les couseuses Blake, contenant la navette et permettant d'enchasser dessus les tiges et les chaussures. L'appareil d'entraînement a dû également être modifié, ainsi qu'on l'a vu dans la description de ces outils.

Quelques autres types de machines, bien que reposant sur le principe mécanique général que nous venons de décrire, ont néanmoins dû être légèrement modifiés, pour permettre la confection de travaux particuliers. La machine à plusieurs aiguilles pour le ouatage des étoffes, les machines brodeuses, parmi lesquelles il en est une qui se distingue particulièrement et qui est due à Bonnaz. On y emploie le point de chaînette, mais vu du côté de la boucle. Le fil, arrivant par dessous l'étoffe amenée par l'aiguille, est conduit et maintenu par un accrocheur qui l'attire en dessus; il est saisi ensuite par un crochet formant aiguille, dont le mouvement est combiné avec celui d'une petite pièce ronde dite *onglette*, qui l'entoure et étale la boucle sur l'étoffe. Une des particularités de cette machine, c'est que l'étoffe se meut toujours en ligne droite, alors que le crochet, susceptible de tourner sur lui-même, peut faire exécuter à la série des boucles des dessins circulaires. Une autre disposition très simple de brodeuse, utilisée pour la broderie sur tulle, consiste à employer le point de navette. Le fil de la navette est remplacé par un cordon assez fort qui est sur l'endroit de l'étoffe; le fil de l'aiguille sert à le fixer par des points presque invisibles.

L'industrie de la ganterie a réclamé aussi quelques modifications pour la couture de ses articles. Les deux pièces de peau à joindre ne sont plus posées sur une table, mais saisies dans une pince disposée en l'air horizontalement; la couture se fait en surjet ou à recouvrement par un double point de chaînette, à l'aide d'uue aiguille droite et d'une autre courbe à crochet venant embrasser les peaux de chaque côté de la pince. Avec des machines de ce genre, parmi lesquelles on peut citer celle de M. Fades Vidal, on coud d'une façon identique à celle qu'emploie l'ouvrière à la main, mais avec une rapidité et une régularité beaucoup plus grandes, et en conservant beaucoup mieux la fraîcheur de la peau.

La couture des chapeaux de paille est une de celles qui offrait le plus de difficultés à réaliser, à cause du mode employé pour réunir les tresses par une point à boucle sur une face, et à un fil sur l'autre, le point n'étant pas d'une régularité continue, mais à deux périodes. La machine de M. Legat a élégamment résolu ce problème et a permis d'établir un travail identique au travail à la main. Le point de navette employé est tout nouveau. Le fil venant de la navette est saisi par un crochet qui l'élève au-dessus des tresses en formant une boucle, laquelle est repassée en dessous 1 millimètre plus loin, et assujettie par le passage de la navette, dont le fil est repris 12 millimètres plus loin par le crochet, qui reforme un nouveau point analogue au précédent. — R.

* **COUSIN** (Jean), peintre, dessinateur et graveur du XVI^e^ siècle. La critique moderne, celle qui, ayant renoncé aux vieilles légendes, voudrait n'appuyer ses affirmations que sur des faits authentiques, demeure étrangement embarrassée quand elle se trouve en présence du nom de Jean Cousin. Il lui est impossible d'accepter les yeux fermés tout ce qu'on raconte ou plutôt tout ce qu'on imagine. Vis-à-vis d'un maître dont la vie est si mal connue, dont l'œuvre est si peu délimitée, il faut, pour essayer de le replacer dans l'histoire, s'en tenir aux choses certaines. D'après l'épithète *Se-*

nonensis qu'il a plus d'une fois ajoutée à son nom, et d'après des témoignages du XVIe siècle, Jean Cousin est né à Sens, ou plus exactement, à Soucy, qui en est très proche. Quant à la date de sa naissance — 1500 ou 1501 à en croire les catalogues — elle est absolument conjecturale. Le maître, ou du moins un artiste qui porte le même nom que lui, apparaît pour la première fois, en 1530, dans les comptes de la cathédrale de Sens, conservés aux archives de l'Yonne. M. Quantin y a découvert un texte d'après lequel une somme de cent dix sous tournois est allouée à un sculpteur pour *raccoustrer* une statue de la Vierge, et ce sculpteur s'appelle Jean Cousin. Est-ce là le maître que nous cherchons? On l'ignore. Mais Cousin ayant laissé des descendants, on sait, par des papiers de famille et par une note que M. Hesme a publiée dans les *Archives de l'art français*, qu'il épousa vers 1537 Marie Bowyer, fille de Henri Bowier, seigneur de Montbard. On sait aussi que Jean Cousin était veuf à cette époque et même que la jeune Marie a été sa troisième femme. La première, dont nous ignorons l'histoire, se nommait Marie Richer, et avait pour père un secrétaire de François Ier, qui fut un instant ambassadeur en Danemark; la seconde, Christine Rousseau, était fille du lieutenant général au bailliage de Sens.

Pendant la jeunesse de Jean Cousin, il y avait à Sens des peintres verriers très habiles et très actifs. D'après les archives départementales, c'est durant la période comprise entre 1512 et 1515 que Jean Hympe et Tassin Grassot exécutèrent à la cathédrale les vitraux du portail du midi. Cousin est vraisemblablement sorti de cette école, car il est de tradition qu'il s'occupa longtemps de la peinture sur verre et qu'il y a particulièrement réussi. Ce n'est point à dire qu'il ait été un verrier et qu'il ait fabriqué lui-même : il a dû se borner à donner des cartons aux faiseurs de vitraux. Sous ce rapport, Jean Cousin ressemble à son contemporain, le grand Holbein. Aux dernières années du règne de François Ier, Cousin paraît avoir eu deux domiciles. Tout en conservant un logis dans sa ville natale, il habitait Paris. Nous savons du moins par le censier de Saint-Germain-des-Près, qu'en 1545, « maistre Jean Cousin, painctre », possédait une maison et un jardin rue des Marets — la rue Visconti d'aujourd'hui. Cette qualification de peintre indique bien qu'il s'agit ici de notre artiste et non de l'orfèvre Jean Cousin l'aîné qui fut garde du métier en 1541 et qui signa, avec ses confrères, la protestation adressée au roi à propos de la défense qu'il avait faite d'employer les émaux opaques. Nous ajouterons que, malgré son domicile parisien, Jean Cousin était en relations constantes avec les gens de son pays. Il date précisément de 1545, l'acte que M. Quantin a retrouvé et par lequel le bailly de Sens lui donne la mission de relever le plan de certaines maisons situées dans la ville. On le considérait donc comme un géomètre. Remarquons en outre que, dès cette époque, Jean Cousin s'était déjà révélé en qualité de graveur. On lui attribue, non sans vraisemblance, une *Sainte Famille*, planche à l'eau forte qui est signée I. C. INVENTOR, avec la date 1544. Dans cette estampe, les fonds sont occupés par un paysage où apparaissent de somptueuses constructions dans le goût de la Renaissance. L'architecture est un art que Jean Cousin a toujours aimé.

A-t-il été sculpteur? C'est une question des plus graves, car si elle pouvait être affirmativement résolue, la gloire de l'artiste se trouverait tout à coup doublée. Nous avons montré qu'en 1530 un Jean Cousin avait été chargé de *raccoustrer* à Sens une statue de la Vierge. Nous ne voulons faire aucune conjecture, mais le texte reste intéressant. Un autre document a appelé l'attention des chercheurs. Dans les comptes des bâtiments du roi, au sujet des travaux exécutés à Fontainebleau, de 1540 à 1550, on trouve la mention suivante : « A Jean Cousin, *imager*, à raison de 14 livres par mois. » Cette simple ligne d'un vieux registre a de l'importance. N'en déplaise à Ambroise Firmin Didot, qui obéissant à une idée fixe, voit surtout dans Jean Cousin un graveur sur bois ou du moins un faiseur d'images, au sens moderne du mot, un *imager* est, pour le rédacteur du compte royal, un sculpteur et c'est parmi les sculpteurs que se trouve classé le Jean Cousin qui a travaillé à Fontainebleau. Le Jean Cousin, employé par le roi de 1540 à 1550, était donc un véritable artiste. L'intérêt de ce rapprochement demeure visible lorsqu'on se rappelle que, d'après une tradition trois fois séculaire, Jean Cousin passe pour être l'auteur de la statue de l'amiral Chabot, qui, après avoir figuré aux Célestins, est aujourd'hui au Louvre, avec une statuette d'albâtre, la *Fortune* et deux *Génies funéraires*, provenant du même monument. Au point de vue des dates, cette attribution légendaire ne se heurte à aucune invraisemblance. Philippe de Chabot est mort le 1er juin 1543 et il ne paraît pas que sa statue, qui est une statue tombale, ait pu être faite de son vivant. Cette admirable figure est-elle l'œuvre de Jean Cousin? Personne n'est en mesure de le dire. Les preuves font défaut : toutefois une négation absolue serait téméraire. Il est difficile, en effet, de ne pas attacher quelque importance, non aux déclarations plus ou moins suspectes de Félibien, mais au témoignage d'un contemporain et d'un compatriote du maître. L'avocat Taveau a laissé une *histoire manuscrite* de la ville de Sens. Son travail est d'environ 1572. Il y parle curieusement de Jean Cousin. Après avoir dit que l'artiste « a faict de beaux tableaux de peinture très ingénieux, » il ajoute : « Oultre ce, il estoit entendu à la sculpture de marbre, comme le tesmoigne assez le monument du feu admiral Chabot en la chapelle d'Orléans au monastère des Célestins à Paris, qu'il a faicte et dressée, et monstre l'ouvrage l'excellence de l'ouvrier. » Venant d'un chroniqueur qui écrivait à Sens et qui a pu connaître Jean Cousin, ce texte donne à réfléchir.

Mais il est etrange que le maître, doué, comme les artistes du XVIe siècle, d'aptitudes très différentes, ait passé, pour ainsi dire, inaperçu en un temps où le service des bâtiments du roi réclamait de si nombreux travailleurs. Sauf la mention que nous avons empruntée aux comptes royaux, les

documents officiels ne fournissent rien sur Jean Cousin. Grands et petits, tous ont été employés par la cour, excepté lui. Les poètes, toujours empressés autour des renommées nouvelles, ont cité François Clouet, Denizot, Jean de Court, Antoine Caron : ils n'ont pas connu Jean Cousin. Il y a là une sorte de mystère. On est tenté de croire que l'artiste vivait chez lui, absorbé par l'étude, indifférent aux choses du monde. Le 15 septembre 1552, il mariait sa fille et il demeurait alors à Paris, car c'est à Paris que le mariage fut célébré. D'après Tarbé, cité par Ambroise Firmin Didot, il aurait été appelé à Sens en 1563, pour organiser les décorations qui furent mises en œuvre à l'occasion de l'entrée de Charles IX dans la ville. Et, pendant ce temps, Jean Cousin faisait des livres où, comme il l'a dit lui-même, il essayait d'utiliser au bénéfice « des nouveaux et non expérimentéz en l'art » ce qu'une longue pratique lui avait appris. Le premier des volumes qu'il publia c'est le *Livre de perspective de Jehan Cousin, Senonois, maistre painctre à Paris* (in-folio, 1560). Cet ouvrage est accompagné de gravures sur bois, *pourtraites* de la main de l'auteur. En 1571 parut un autre volume, le *Livre de pourtraicture*, dont les deux premières éditions sont introuvables, mais qui a été souvent réimprimé. Enfin le nom de Cousin se lit encore sur le titre d'une troisième publication qui nous apprend que l'artiste, curieux de toutes les industries, a donné des dessins de broderie et de dentelles. Muni d'un privilège qu'il avait obtenu le 7 septembre 1583, le libraire Jerôme de Marneff mettait en vente en 1584 le *Livre de la Lingerie, composé par maistre Dominique de Sera, italien... nouvellement augmenté et enrichi de plusieurs excellents et divers patrons, tant de point coupé, raiseau, que passements de l'invention de M. Jean Cousin, peintre à Paris.* On voit que le maître, dont la vie est restée si mystérieuse, a été mêlé à toutes les formes de l'art.

Quand mourut Jean Cousin? D'après une tradition qu'il ne nous est pas possible de contrôler, Félibien assure qu'il vivait encore en 1589 « véritablement fort âgé ». En 1595 il n'était plus de ce monde. Nous le savons par deux textes. Dans la préface de la troisième édition du *Livre de pourtraiture*, achevée d'imprimer le 10 mars 1595, Jean Leclerc parle de « feu monsieur Cousin. » Enfin à la même date et à propos de la maison de la rue des Marets, on voit apparaître dans le censier de St-Germain-des-Près les « hoirs de M. Jehan Cousin. » Il faut croire, dans tous les cas, que la vie de l'artiste a été aussi longue que laborieuse.

Où donc est son œuvre? On a connu un temps où tous les beaux vitraux du XVI^e^ siècle étaient attribués à Jean Cousin. Sur ce chapitre, où manquent plus que jamais les preuves, il y a bien des réserves à faire. Beaucoup de ses œuvres, de celles du moins dont il avait donné les cartons, ont disparu quand le XVIII^e^ siècle, ami de la lumière, s'avisa de préférer le verre blanc au verre de couleur. En ce qui concerne les fameux vitraux de Saint-Gervais, Ambroise Firmin Didot constate qu'il n'en reste rien ; mais on assure que Jean Cousin est l'auteur des verrières qui, à la cathédrale de Sens, représentent la légende de St-Eutrope, de celles de la chapelle de Vincennes où figurent les portraits de François I^er^ et de Henri II, et de quelques autres conservées à Villeneuve-sur-Yonne, au château de Fleurigny et ailleurs. Mais, nous le répétons, l'étude des vitraux, si généreusement attribués à Jean Cousin, réclame une certaine défiance.

Quant aux gravures sur métal, la question n'est pas non plus absolument claire. Indépendamment de la *Sainte Famille* déjà mentionnée, Jean Cousin a gravé une *Annonciation* et un *Christ descendu de la croix.* Ces deux estampes portent la signature I. COVSIN. Quelques iconographes lui attribuent également deux pièces non signées, l'*Homme tenant une tablette* et la *Conversion de saint Paul.*

Dans son *Etude sur Jean Cousin* (1872), Ambroise Firmin Didot s'est attaché à mettre en lumière le rôle, évidemment important, que le maître a joué dans l'illustration des livres à images, publiés par la librairie parisienne. C'est encore là un chapitre qu'il faut lire avec prudence ; mais il est bon que l'attention des chercheurs ait été appelée sur ce point. Quant à présent les spécialistes s'accordent à reconnaître le style de Jean Cousin dans les planches qui décorent la relation de l'entrée de Henri II à Paris le 16 juin 1549. La Bibliothèque nationale expose même sous son nom la fine gravure qui représente un des cavaliers du cortège. On s'est demandé aussi si Jean Cousin n'avait pas eu une part dans la composition des vignettes insérées dans la traduction française du *Songe de Polyphile* dont Jacques Kerver a publié plusieurs éditions de 1546 à 1561. La question reste encore incertaine. Enfin, M. Ludovic Labanne a retrouvé, à la Bibliothèque de l'Institut, une série de deux cents dessins inédits qui sont bien dans le sentiment allégorique et compliqué qui fut cher à Jean Cousin. Il les a fait graver et en a composé un volume : c'est le *Livre de fortune* (1883). Jean Cousin, qui prenait le titre de « painctre », paraît avoir fait très peu de peintures. On ne connaît de lui que deux tableaux, l'*Eva prima Pandora* et le *Jugement dernier*. Ces deux œuvres étaient célèbres dès le XVII^e^ siècle. « On voit chez un conseiller au présidial de Sens, écrit Félibien, un tableau où est représentée une femme nue et couchée de son long. Elle a un bras appuyé sur une tête de mort, et l'autre allongé sur un vase entouré d'un serpent... Au-dessus est écrit *Eva prima Pandora.* » Cette allégorie, d'une recherche un peu alambiquée, est chez les héritiers de M. Chaulay, à Sens. C'est une peinture claire, d'un style élégant et qui semble prouver que Jean Cousin avait regardé les décorations du Primatice à Fontainebleau. Le *Jugement dernier* est au Louvre. C'est la peinture, jadis fort admirée, que les Minimes de Vincennes conservaient dans la sacristie de leur église. Elle est gravée, avec l'infidélité la plus notoire, par le flamand Pierre de Jode le Vieux. Il y a de l'ordre dans cette composition surchargée de personnages et d'épisodes, une certaine recherche du dessin, une curieuse étude des gesticulations violentes et des raccourcis à l'italienne, mais la peinture est molle, et, volontiers, on verrait dans ce tableau l'œuvre d'un

vieillard. Il est vrai qu'il a souffert. « C'est dommage, disait Dargenville en 1762, qu'il soit retouché en beaucoup d'endroits. » Il nous reste, d'ailleurs, si peu d'ouvrages de nos maîtres du XVI^e^ siècle que le *Jugement dernier*, savant par le groupement des figures, faible par l'exécution, demeure pour l'histoire de notre école un morceau éternellement précieux. Mais, disons-le, la gloire, encore un peu indécise de Jean Cousin, n'est pas là. Elle est dans les dessins qu'il a faits pour les libraires, dans les cartons qu'il a fournis aux verriers. Quant à son talent comme sculpteur, le plus sage est de se tenir sur la réserve et d'attendre. S'il était prouvé un jour qu'il a sculpté la statue de l'amiral Chabot, Jean Cousin serait un des plus grands artistes de la France. — P. M.

* **COUSOIR**. *T. de rel.* Métier sur lequel on coud les livres. || *T. de gant.* Métier qui sert à la couture et au montage des gants.

COUSSIN. *T. techn.* Outre le sac rembourré qui sert d'appui dans une voiture, sur un meuble, etc., on donne ce nom, chez les relieurs, à une petite planche garnie d'une peau de veau sur laquelle on coupe l'or ; chez les ciseleurs, à un sac de sable sur lequel on fixe les pièces à travailler.

COUSSINET. 1° *T. de mécan.* Pièce de métal, hemicylindrique et concave, recevant les tourillons des pièces mécaniques animées d'un mouvement de rotation. || 2° *T. de chem. de fer.* Pièce en fonte, supportant les *rails* (V. ce mot), à double champignon, ou diverses pièces faisant partie des appareils de la voie. Les premiers sont les coussinets ordinaires, les autres s'appellent coussinets spéciaux. Les coussinets ordinaires se composent d'un patin en fonte, s'appliquant sur les traverses de la voie, et portant, en saillie, deux pièces appelées *mâchoires*, entre lesquelles vient se fixer le rail, par l'intermédiaire d'un coin en bois. Le rail s'applique contre une des mâchoires qui en épouse le profil ; le coin se trouve serré dans l'espace compris entre le rail et l'autre mâchoire.

Les coussinets spéciaux comprennent les coussinets de glissement pour les aiguilles de *changement de voie* (V. ce mot), les coussinets de talon, pour ces mêmes aiguilles et enfin divers coussinets supportant les pointes de *croisement*. — V. ce mot.

Les coussinets de glissement ne portent qu'une mâchoire, à laquelle est fixé le rail contr'aiguille (V. CHANGEMENT DE VOIE), au moyen d'un boulon. La partie inférieure comprend une surface plane, sur laquelle s'appuie et glisse l'aiguille.

Les coussinets de talon sont ceux que l'on emploie sous le talon des aiguilles, c'est-à-dire sous leur centre d'oscillation ; ils supportent également le rail contr'aiguille au moyen d'un boulon ; ils reçoivent, de plus, l'extrémité de l'aiguille et l'about du rail qui lui fait suite, et dont le mode de fixation dépend du type de rail avec lequel on constitue l'appareil. Les coussinets de joint sont ceux qui portent les abouts de deux rails consécutifs. Les coussinets spéciaux se résument quelquefois en une simple plaque recevant une pointe que l'on y fixe au moyen de *tirefonds*. — V. ce mot.

D'autres fois le patin porte un nombre variable de mâchoires pouvant porter une pointe de croisement et les contre-rails voisins, soit plusieurs files de rails appartenant à des voies différentes.

|| 3° *T. d'arch.* Pierre recevant la retombée d'une voûte, ou sommet d'un piédroit ; on dit aussi *sommier*. || Partie latérale des volutes ioniques.

* **COUSTOU** (Les). Trois statuaires du nom de Coustou ont marqué dans l'histoire de la sculpture française. Pour caractériser le rôle, d'ailleurs fort inégal, qu'ils ont joué à la fin du règne de Louis XIV et sous Louis XV, il importe de présenter dans l'ordre chronologique le résumé de la biographie de chacun de ces maîtres.

Nicolas COUSTOU, né à Lyon et baptisé le 9 janvier 1658, était fils de François Coustou, menuisier, et de Claudine Coyzevox, sœur du fameux sculpteur du roi. Après avoir appris à tailler le bois dans l'atelier de son père, il fut naturellement envoyé à Paris chez son oncle Coyzevox, l'homme illustre de la famille. Il devint son élève et resta toujours l'héritier de ses doctrines. En 1682, Nicolas Coustou obtint le prix de sculpture à l'Académie royale et, l'année suivante, il partit pour Rome. C'est pendant son séjour en Italie qu'il copia, d'après l'antique, la statue d'Hercule Commode, placée aujourd'hui à Versailles au pourtour du bassin de Latone. La première œuvre qu'il exécuta en revenant de Rome fut un groupe de bois doré, *Sainte-Anne montrant à lire à la Vierge*. Les écrivains du XVIII^e^ siècle parlent avec éloge de ce groupe qui décorait à Lyon l'église Saint-Nizier. Grâce à son talent et à la protection de son oncle Coyzevox, Nicolas Coustou était attaché en 1689 au service des bâtiments du roi. Deux ans avant, il avait été agréé à l'Académie ; mais, absorbé par de grands travaux, il ne se pressa pas de faire son morceau de réception, et ce n'est qu'en 1693 qu'il devint académicien titulaire. On peut voir au Louvre le bas-relief qu'il présenta alors à la compagnie. Dans sa pensée, l'œuvre était destinée à célébrer, sous une forme allégorique, le *Rétablissement de la santé du roi*. Infatigable travailleur, artiste estimé, Nicolas fut successivement investi de tous les grades académiques. Il était chancelier quand il mourut le 1^er^ mai 1733. On trouvera quelques renseignements sur sa vie dans le volume de Cousin de la Contamine, *Eloge historique de M. Coustou l'aîné* (Paris 1737).

Les œuvres de Nicolas Coustou sont assez nombreuses : il suffira de citer celles qui l'ont rendu célèbre. Dans le groupe fameux qui fut placé à Notre-Dame en souvenir du vœu de Louis XIII, il a sculpté la *Pietà*, c'est-à-dire le Christ mort sur les genoux de la Vierge. Ce morceau était jadis fort admiré. Mais la sincérité de l'émotion n'est pas la qualité dominante chez les statuaires de cette époque, et nous croyons que Nicolas Coustou sera plus favorablement jugé aux Tuileries. Devant le château, dans la partie du jardin voisine de la rue de Rivoli, on retrouve les deux *Nymphes* qu'il a exécutées en 1710 et dont l'attitude un peu con-

tournée, mais non sans grâce, montre bien que l'artiste s'était approprié la manière de Coyzevox. Toutefois le travail du marbre est moins sérieux chez l'élève que chez le maître. Le jardin des Tuileries a également conservé un groupe de Nicolas Coustou, la *Seine et la Marne* (1712). L'artiste n'a pas manqué de représenter la Seine sous la figure d'un Fleuve orné des attributs traditionnels : la Marne est une charmante jeune fille, légèrement mondaine, mais élégante. L'œuvre n'est pas d'une invention tout à fait originale, car pour disposer ses deux allégories, Coustou a regardé autour de lui et il s'est inspiré de l'exemple donné, dès 1707, par Corneille Van Clève, l'auteur du groupe qui, placé vis-à-vis le sien, réunit la Loire et le Loiret. La sculpture de Nicolas n'est pas poussée très loin, elle n'insiste guère sur le rendu de la forme et la précision du modelé : elle vaut surtout par l'heureuse découpure d'une silhouette décorative.

Nicolas Coustou peut aussi être étudié au Louvre. Par une mesure prudente, mais tardive, on y a mis à l'abri plusieurs de ses statues qui, provenant des jardins publics, ont été fort maltraitées par les pluies de l'hiver. C'est au musée de la sculpture moderne qu'on retrouvera l'*Adonis* ou le *Chasseur* (1710), qu'on a vu si longtemps aux Tuileries où il accompagnait les deux *Nymphes* dont nous parlions tout à l'heure. Là aussi sont le *Jules César* (1722) et la statue de Louis XV qui avait été sculptée en 1731 pour le parc de Petit-Bourg. Dans cette figure, précieuse parce qu'elle a bien le caractère du temps, le jeune roi n'est pas seulement déguisé en romain : il est mis au rang des dieux : c'est Jupiter ayant à côté de lui l'aigle porteur des foudres célestes. Comme celle de *Jules César*, cette statue peut donner à croire que l'aîné des Coustou ne se faisait pas une idée très exacte de l'art antique.

Les églises de Paris possédaient, avant la Révolution, plusieurs œuvres de Nicolas Coustou ; quelques-unes ont été déplacées ou détruites. Dans le monument funéraire du duc de Créqui, qui était autrefois aux Jacobins, de la rue Saint-Honoré, et dont les débris ont été restitués à St-Roch, une figure, celle qui symbolise la *Valeur militaire*, passe pour avoir été sculptée par Nicolas Coustou. A la façade de l'église des Invalides, et pour faire pendant au *Charlemagne* de Coyzevox, l'artiste a placé dans une niche une statue colossale de *Saint Louis*, d'après un modèle de Girardon. A Saint-André-des-Arcs, on voyait de lui un médaillon du prince de Conti, soutenu par une Minerve. Cette composition, bien digne d'un contemporain d'Antoine Coypel, a trouvé un asile au musée de Versailles, où figure aussi le *Passage du Rhin*, vaste bas-relief que le maître n'eut pas le temps d'achever et qui fut terminé par son frère.

Nicolas Coustou a aussi travaillé pour sa ville natale. Le piédestal de la statue de Louis XIV érigée à Lyon, sur la place Bellecour, d'après le modèle de Desjardins, était décoré de deux grandes figures de bronze : la *Saône* et le *Rhône*. Ce travail ayant été partagé entre les deux Coustou, Nicolas se chargea de la statue de la *Saône*, qui, après la destruction du monument, a été transportée à l'Hôtel de Ville de Lyon. Par l'énumération incomplète que nous venons de donner, par les témoignages conservés dans les écrits du temps, on voit que Nicolas Coustou fut un infatigable producteur et qu'il s'est essayé dans tous les genres. Grandi à l'école de Coyzevox, mêlé aux travaux de Versailles, de Marly, de Paris et de la province, il a pu prolonger sa vie jusqu'en 1733 ; mais en réalité il se rattache, par ses ambitions et par son style, à la manière un peu pompeuse qui était à la mode sous Louis XIV.

Guillaume Coustou, frère de *Nicolas*, était beaucoup plus jeune que lui et il appartient presque à une autre génération. Né à Lyon, en 1677, il fut, lui aussi, l'élève de Coyzevox. Premier prix de sculpture en 1697, il fit le voyage de Rome et entra à l'Académie en 1704. Le Louvre conserve son morceau de réception : *Hercule sur le bûcher*. Il fut honoré des grades académiques, depuis celui d'adjoint à professeur jusqu'à celui de directeur. Il est mort à Paris, le 20 février 1746. Associé d'abord aux travaux de son frère et séduit, comme lui, par les méthodes de Coyzevox, Guillaume Coustou se montra cependant moins fidèle au style du temps de Louis XIV et l'on voit très bien, dans son œuvre, l'évolution d'un idéal qui, parti de Versailles, se dirige timidement vers la mode qui caractérisera l'art sous Louis XV. Il a le goût du décor. On se rappelle le château d'eau qui, en 1848, faisait face au Palais-Royal, et que le prolongement de la rue de Rivoli a jeté par terre. Le monument était surmonté de deux charmantes figures de Guillaume Coustou : la *Seine* et la *Fontaine d'Arcueil*. L'édifice a disparu avec les sculptures qui le rendaient si pittoresque. La grande décoration de la façade de l'hôtel des Invalides, où l'on voyait Louis XIV à cheval entre la Justice et la Prudence, n'est aussi qu'un souvenir qu'il faut rechercher dans les anciennes gravures ; on n'a conservé que les statues de Minerve et de Mars adossées aux pilastres de la porte.

Et cependant, il reste encore de Guillaume Coustou plus d'une œuvre significative. Indépendamment de son morceau de réception, le Louvre possède, de l'excellent sculpteur, la statue de Marie Leczinska, représentée avec les attributs de Junon (1731). Dans les jardins de Petit-Bourg, elle faisait pendant à celle de Louis XV, de Nicolas Coustou. C'est une figure charmante, car, sans trop nuire à la ressemblance, l'artiste a su nous faire oublier que la reine était bien près d'être laide. Le marbre assoupli abonde en lignes heureuses et l'ensemble a, dans son maniérisme, quelque chose qui ressemble à de la grâce. A Paris, Guillaume Coustou a sculpté, pour l'hôtel Soubise, les statues d'Hercule et de Pallas ; il avait fait, pour la Grand'Chambre du Palais, un important bas-relief, *Louis XV entre la Vérité et la Justice*. Lors des travaux du chœur de Notre-Dame, Guillaume Coustou fut le collaborateur de son frère ; c'est à son ciseau qu'on doit la figure agenouillée de Louis XIII mettant son royaume sous la protection de la Vierge. Il a travaillé aussi à la décoration de la chapelle de Versailles, et les

vieux livres nous parlent d'un beau groupe qu'il avait fait pour Marly, l'*Océan et la Méditerranée*. Une de ses œuvres les meilleures est aujourd'hui dans l'un des parterres des Tuileries : c'est l'*Hippomène* (1712), qui, dans sa course légère, lutte de vitesse avec l'*Atalante* de Le Pautre. Cette figure d'*Hippomène* devrait être célèbre dans l'histoire de la sculpture française, car elle est du mouvement le plus heureux; elle court, rapide, impétueuse, sur un rythme pressé et qui, néanmoins, garde de la grâce. Peut-être faudrait-il parler plus froidement de la statue du *Rhône*, qui, coulée en bronze en 1719, fût placée aux pieds du Louis XIV de Desjardins, et qu'on peut voir au rez-de-chaussée de l'Hôtel de Ville de Lyon. C'est de la sculpture un peu ronde et où le détail de la forme est singulièrement économisé. Ajoutons, pour ne rien omettre, que Guillaume Coustou a travaillé à la décoration du pont de Blois (1731) et qu'il a sculpté les armes du roi au pont de Compiègne (1733); car — c'est une chose digne de remarque — ces vaillants statuaires d'autrefois avaient beau être revêtus de toutes les dignités académiques, ils ne répugnaient pas à faire de la sculpture purement décorative, ou du moins à fournir des maquettes à leurs amis, les ouvriers de l'ornement.

C'est à la fin de sa vie que Guillaume Coustou a achevé le chef-d'œuvre qui consacra définitivement sa gloire. En 1739, le roi lui commanda deux chevaux de marbre, qui devaient remplacer, à Marly, la *Renommée* et le *Mercure* de Coyzevox. L'artiste était plus que sexagénaire, mais il se mit au travail, et dès l'année suivante, il exposait dans son atelier les deux modèles que tout Paris alla voir et qui lui firent, en effet, grand honneur. Les groupes, terminés en 1745, allèrent prendre à Marly la place qui les attendait et ils y restèrent jusqu'au jour où, pendant la Révolution, ils furent rapportés à Paris pour décorer l'entrée de l'avenue des Champs-Elysées. On connaît ces deux chevaux qui, retenus chacun par un esclave, se cabrent et s'agitent dans la liberté de leur élégante allure. On admire, dans ces nobles animaux, la vérité du mouvement, la souplesse des lignes, l'esprit de l'exécution. Dans ce genre, le XVIII^e^ siècle ne nous a pas donné d'œuvre plus intelligente et plus française. Pour mesurer le terrain parcouru depuis la fin du règne de Louis XIV, il suffit de comparer les chevaux de Marly de Guillaume Coustou avec ceux que son oncle avait sculptés en 1702 et qui caracolent pesamment à l'entrée des Tuileries. En quarante ans, l'art s'est transformé. Avec Coyzevox, nous en sommes encore, comme dirait Sainte-Beuve, à la « lourde cavalerie des Pégases »; avec son neveu, déjà bien voisin de Madame de Pompadour, nous saluons un idéal plus libre, une fantaisie qui a le galop plus léger.

Lorsqu'il mourut, en 1746, Guillaume Coustou le jeune, laissait un fils qui, lui aussi s'appelait *Guillaume* et qui fut sculpteur, comme son père, mais en restant bien loin de lui. Né à Paris, le 20 mars 1716, et mort le 13 juillet 1777, le dernier des Coustou appartient sans mélange au style Louis XV. Un peu accablé par le poids du grand nom qu'il portait, il essaya de faire bonne figure dans le monde; il n'y réussit pas toujours. En 1735, il obtenait le prix de sculpture; en 1742, il était académicien; en 1764, il devint garde des Antiques du roi; enfin, au moment où il allait mourir, il reçut le cordon noir. On peut relever, dans les catalogues des Salons du Louvre, la liste des œuvres qu'il exposa de 1741 à 1755. Ce sont des morceaux d'une importance assez secondaire. Guillaume Coustou le fils a cependant travaillé pour Madame de Pompadour. C'est lui qui avait sculpté les frontons des quatre façades du château de Bellevue; celui de ces bas-reliefs qui représentait *Galathée sur les eaux* était le plus estimé. Dans le jardin de la marquise, on voyait aussi de lui une figure d'Apollon. Comme tous les artistes de son temps, Guillaume aimait le décor; il avait fait, pour les salons du Palais-Royal, quatre bas-reliefs dont le motif était emprunté à l'*Histoire de Psyché*, et, associé à Michel-Ange Slodtz, il a travaillé aux frontons du Garde-meuble. Son œuvre capitale, où il a fastueusement dépensé beaucoup d'allégories, est le mausolée érigé dans la cathédrale de Sens en l'honneur du Dauphin et de la Dauphine. Ce monument, où les lignes s'agitent plus qu'il ne convient, fut exposé au Salon de 1777, quelques jours après la mort de l'auteur. Guillaume Coustou le fils ne peut être jugé à Paris; à l'entrée du chœur de Saint-Roch, on retrouve une représentation du patron de l'église. Cette figure est d'une remarquable nullité. L'*Apothéose de saint François-Xavier*, qu'on peut voir aujourd'hui à Bordeaux, est une œuvre un peu plus sérieuse. Enfin, le dernier des Coustou a fait, pour le roi de Prusse, les statues de *Mars* et de *Vénus*. Avant de les envoyer à Berlin, où elles sont encore, il les exposa chez lui, en 1769; il en est question dans les *Mémoires secrets* et ailleurs. Diderot lui-même en a parlé d'une étrange façon. A ses yeux, le *Mars* avait l'air « d'un pâtre ou plutôt d'un manant. » Quant à la *Vénus*, statue faible pour l'ensemble, elle lui paraissait présenter d'heureux morceaux. C'est à propos de cette statue qu'il a écrit : « Si la figure se brise et qu'on n'en trouve un jour que les jambes, on dira, qu'en sculpture, nos artistes ne l'ont cédé à aucun statuaire des temps passés. » Mais Diderot est un enthousiaste, et malgré tout son esprit, il n'a pas évité toujours les occasions de se compromettre. — P. M.

COUSU, UE. *Art hérald.* Se dit des pièces honorables quand elles sont métal sur métal, ou couleur sur couleur.

I. **COUTEAU.** Instrument tranchant, composé d'une lame et d'un manche fixe ou pliant.

— Les peuples primitifs ne paraissent pas avoir fait usage du couteau, tel que nous l'employons aujourd'hui. Selon Hérodote, les premiers couteaux étaient en pierre dure, et servaient aux chirurgiens de l'antique Egypte. D'après l'*Exode* et le livre de *Josué*, les Hébreux employaient également le couteau de pierre.

Les Romains désignaient, sous le nom de *culter*, différents instruments à lame de fer employés pour couper, qui étaient faits d'un seul tranchant, le dos un peu large,

la pointe aiguë ; tous servaient pour les besoins du ménage et de l'agriculture.

Les couteliers de Rome fabriquaient aussi des couteaux à manche de bronze artistement travaillés. On voit, parmi les bronzes antiques du Louvre (nº 665), un manche de couteau romain représentant un buste de femme, sans bras, enté dans un fleuron que termine une patte de lion. Un fragment de lame de fer subsiste dans la charnière. D'autres manches se faisaient en os ou en ivoire, matière alors fort rare et recherchée. Juvénal, flétrissant l'extravagante somptuosité des festins, dit : « Moi, je ne possède pas une once d'ivoire, je n'ai pas un dé, pas un jeton de cette matière : les manches de mes couteaux ne sont même que de l'os le plus commun ; cependant ils ne gâtent point les viandes, et la poule dont ils divisent les membres ne perd rien de son goût. »

Quoi qu'il en soit, l'emploi du couteau comme ustensile de table ne remonte pas chez nous à une époque très ancienne. Bien qu'il y eût, au xe siècle, à Beauvais, une coutellerie renommée, et que Jean de Garlande, dans son Dictionnaire, composé vers la fin du xie siècle, appelle *institor* un marchand de couteaux, lequel *institor* vendait des couteaux pour la table appelés *mensaculæ* et *artavi*, avec des gaînes grandes et petites, les couteaux, disons-nous, ne paraissent point avoir été fréquemment employés sur les tables avant le xiie siècle.

La plupart de ces couteaux, ainsi que nous l'apprend un recueil de proverbes du xiiie siècle, se fabriquaient à Périgueux, dont les coutelleries étaient alors florissantes. Les rôles des tailles levées à Paris du xiiie au xive siècle nous apprennent en effet que, dans la capitale, en 1292, il y avait 24 couteliers seulement ; en 1300 on en trouve 38, plus une coutelière. — V. Corporations.

Au xive siècle, on voit apparaître les couteaux de luxe, avec manches de matières précieuses. L'Inventaire des biens de Pierre Fortet, années 1397, mentionne *unus cutellus cum manubrio de ebore... unus cutellus cum manubrio de jaspide*, c'est-à-dire deux couteaux l'un à manche d'ivoire, l'autre à manche de jaspe, et le compte des dépenses de l'hôtel du roi Charles VI, année 1404, cite « une paire de grands couteaux à manche d'yvoire et de cèdre, chacun à trois virolles d'argent doré esmaillées. »

Les meilleurs couteaux étaient alors ceux de Toulouse, qui faisaient concurrence à ceux de Périgueux. La coutellerie, au reste, avait fait de notables progrès durant les Croisades en Orient, où l'on a toujours excellé à forger et à tremper le fer. Au xve siècle, hommes et femmes avaient l'habitude de porter un *coustel* ou *cousteau* enfoncé dans une gaîne et suspendu à la ceinture en guise de poignard. Mais la coutellerie reçut sa plus grande impulsion par l'établissement d'une coutume consistant dans la distribution de couteaux de table, qui se faisait tous les ans aux officiers de bouche. Ces couteaux étaient mis au nombre de trois dans une gaîne. D'abord, un *couteau présentoir* ou grand couteau très large à son extrémité, coupant des deux côtés, et qui servait à découper, mais plus particulièrement à prendre le morceau découpé, comme avec une pelle, et à les placer sur les tranchoirs ou à le présenter ainsi aux convives. La gaîne contenait un autre grand couteau à trancher, et un plus petit qui était placé près du prince ou seigneur. Tous ces couteaux étaient diversement ornés sur les manches, et portaient ou la devise ou les armes du seigneur, et quelquefois tous les deux. Après avoir été adopté par la fastueuse maison de Bourgogne, l'usage de la distribution des couteaux le fut ensuite par les grandes familles princières. C'est à des *livrées* de pareille nature qu'on doit les couteaux aux armes et à la devise des ducs de Bourgogne, conservés au musée du Mans et au musée de Dijon. L'un d'entre eux est tellement beau, qu'Eugène Delacroix en fit un dessin publié en 1878 dans la *Gazette des Beaux-Arts*. Un couteau semblable ayant appartenu au duc de Bourgogne Philippe le Bon, fait partie des collections du Louvre. Sur la poignée en cuivre on lit la devise : AULTRE NARAI *(autre n'aurai)*.

Pendant bien longtemps, la lame des couteaux fut fixée et enfermée dans une gaîne. Les tables n'étant pas munies de ces ustensiles, chacun se trouvait dans la nécessité d'apporter le sien.

Au siècle suivant, la coutellerie de Châtellerault n'avait pas d'égale. C'est au point que, d'après la *Relation des ambassadeurs vénitiens*, l'ambassadeur de Venise passant à Châtellerault, en vantait déjà les couteaux, comme les meilleurs du monde. Béroalde de Verville, dans son *Moyen de parvenir*, parle de couteaux de Châtellerault à manches « de belle corne de couleur. » Ces ustensiles étaient fort estimés, puisque le même auteur ajoute qu'ils se donnaient en cadeaux. Mais ce n'étaient pas là des couteaux de luxe. Ces derniers se faisaient à Paris. M. Basilewski en possède une paire montés en argent niellé, aux armes des Médicis, qui n'ont d'égaux que les trois couteaux à manche de cristal de roche et à viroles de cuivre gravé et doré, de la collection de M. le baron Adolphe de Rothschild.

Sous le règne de Henri IV, les couteaux de table élégants étaient ornés, au manche, de quelque figure bizarre, et surtout d'une tête de magot chinois ; ce qui les avait fait nommer couteaux de la Chine.

A ce propos, l'espèce de coutelas à manche noir qu'on montrait au musée d'artillerie, aujourd'hui aux Invalides, sous le nº 859, comme étant le couteau de Ravaillac, est loin d'être authentique. Malherbe, dans sa lettre à Peiresc, du 19 mai 1610, décrit ainsi le véritable : « Son couteau était une espèce de baïonnette qu'il dit avoir prise dans un cabaret ; le manche en est blanc, il n'a qu'environ deux doigts de dos, le reste est tranchant des deux côtés. »

Le xviie siècle conserva quelque temps les délicatesses du xvie, comme en font foi les couteaux aux armes de Gaspard de Coligny, duc de Châtillon, qui appartenaient autrefois à M. de Nieuwerkerke, ainsi qu'un joli couteau de la collection de Mme Achille Jubinal : celui-ci est à deux lames, dont une d'argent, montées sur un manche garni d'argent découpé représentant des oiseaux et des fleurs avec l'inscription : MO CŒVR VOLLE DAMOVR.

Un autre genre de couteaux non moins curieux de cette époque de transition, font partie du musée Sauvageot, au Louvre. Ce sont des couteaux à dessert qu'on croit avoir appartenu à un réfectoire de couvent. Le premier porte un manche d'ivoire, avec incrustations en cuivre et en ébène. Sur la lame, damasquinée dans la partie près du manche, sont notés d'un côté, le *Benedicite*, et de l'autre, le *Deo Gratias*, pour la *partie supérieure*. Le second est pour la basse. Trois autres couteaux semblables aux précédents, portent les indications suivantes : *Bassus*, *Tenor*, *Contratenor*, ce qui prouve que les moines chantaient ces prières à plusieurs voix.

Les bourgeois ayant conservé l'habitude d'emporter un couteau de poche, lorsqu'ils allaient dîner ou souper en ville, les couteliers fabriquèrent de beaux couteaux pliants, tel que le couteau de la collection Sauvageot, dont le manche d'ivoire à charnière représente une *sirène ailée* et se termine par une branche de feuillage à jour. Dès lors les couteaux fermants ne tardèrent pas à être consacrés par l'usage.

Quoique Abraham Du Pradel, dans le *Livre Commode*, assure qu'on pouvait par les messagers de Moulins et de Langres tirer de bons ciseaux « et par celuy de Caen des couteaux de poche d'une propreté et d'une bonté singulière, » les couteaux provenaient alors en majeure partie des fabriques de Moulins et de Langres. Duval, auteur d'un *Voyage en France* publié en 1687, rapporte que les couteliers de Moulins parcouraient eux-mêmes toute la contrée pour les offrir dans les auberges. Au reste, le *Dictionnaire de commerce*, par Savary, assure

que la coutellerie de Moulins égalait celle de Thiers, de Cosne, de Châtellerault et de Langres pour les couteaux ; mais, suivant le *Voyageur fidèle ou le Guide à Paris*, par Liger, la fabrique de Moulins l'emportait pour les ciseaux.

Le XVIIIe siècle continua de mettre à la mode les couteaux de luxe. Plusieurs amateurs conservent de très beaux couteaux à dessert, les uns à lame d'argent, les autres à deux lames dont une d'argent, avec manche de nacre de perle ou en poudre d'écaille, qui sont de véritables merveilles. C'est ainsi qu'à la vente de M. Léopold Double, un couteau à dessert à double lame d'or et d'acier, avec manche en nacre incrustée d'or, style Louis XV, a été adjugé 310 francs.

Parmi les couteaux célèbres de l'époque figure en première ligne le couteau du musée Vivenel, à Compiègne, et désigné comme étant celui de J.-J. Rousseau. On cite encore un couteau ayant appartenu à Louis XVI, exposé en 1867 au palais de Trianon et communiqué par M. Philippe de Saint-Albin. Ce couteau est à trois lames ; le manche courbé en écaille avec dos en fer ciselé est orné de rosaces et de fleurs de lis en or. Enfin, dans la précieuse collection d'objets donnés en 1789 par Marie-Antoinette à Mme Du Crey, surveillante des dentelles de la reine, et légués depuis à M. Eugène de Thiac, on remarque deux couteaux à dessert, avec lames d'or et d'acier, montés sur de jolis manches en malachite.

La Révolution, célèbre déjà par le couperet de la guillotine, l'est aussi par un couteau. Voici ce qu'on lit dans l'interrogatoire de Charlotte Corday, par le président Duperret, sur le troisième jour de son arrivée à Paris : « Qu'avez-vous fait le troisième jour ? — Je me suis promenée au Palais-Royal dans la matinée et seule. — Qu'avez-vous fait au Palais-Royal ? Y avez-vous acheté quelque chose ? — Oui, un jugement contre les assassins de Léonard Bourbon, et un couteau de table à gaîne, à manche noir, de grandeur ordinaire, pour 40 sous. — Pourquoi avez-vous acheté ce couteau ? — Pour tuer Marat. » — S. B.

Bibliographie : Fougeroux de Bondaroy : *L'art du coutelier en ouvrages communs*, Paris, 1772 ; J.-J. Perret : *Art du coutelier*, etc., 1772 ; J.-B. Bouillet : *Histoire des communautés des arts et métiers de l'Auvergne*, art. *Couteliers*, Clermont-Ferrand, 1857 ; Gust. Saint-Joanny : *Simples notes pour servir à l'histoire de la ville de Thiers aux trois derniers siècles : La coutellerie thiernoise de 1500 à 1800*, Clermont-Ferrand, 1863 ; A. Durand : *Notice sur les couteliers de Langres au moyen âge*, Langres, 1870 ; E. Hucher : *Le grand couteau de Charles-le-Téméraire, au Musée du Mans*, Le Mans, 1859 ; Abbé Porquet : *Couteau historique de l'abbaye de Longpont*, Laon, 1856.

II. **COUTEAU.** Nom d'une foule d'instruments utilisés dans les arts, les sciences et l'industrie. Nous mentionnons les principaux ou les moins connus. || 1° *Instr. de chirurg.* Le couteau de chirurgien est destiné à diviser les parties molles, il diffère du bistouri en ce que la lame est fixée sur le manche et ne peut pas se replier sur lui. Tout couteau se compose essentiellement de deux parties, la lame et le manche. De la base de la lame, part une tige métallique plus ou moins allongée qni la fixe dans le manche en pénétrant plus ou moins profondément dans son épaisseur ; cette tige métallique porte le nom de *soie*. La lame est en acier trempé ; quant au manche, qui doit toujours avoir une grande résistance, une grande solidité, on le fait, en général, en bois d'ébène ou en ivoire. La forme doit être disposée de façon à ce qu'il s'adapte bien à la main du chirurgien.

Selon le but que l'on se propose, il est évident que les couteaux varieront de forme et de dimensions, mais les plus importants étant les couteaux à amputation, nous ne décrirons que ceux-là. Les couteaux à amputations sont de deux sortes : à un seul tranchant ou à deux tranchants. Le couteau à deux tranchants, connu aussi sous le nom de *couteau interosseux*, est peu employé. Il devrait même être proscrit, car c'est un instrument inutile et dangereux. Le couteau à un seul tranchant est droit, la lame se trouvant sur le prolongement exact du manche. Il se termine en pointe et cette pointe est formée par une inclinaison égale du tranchant et du dos, qui se réunissent de façon à ce que la pointe soit bien dans l'axe même de la lame. Cette disposition est avantageuse, en ce qu'elle permet de n'employer qu'un seul instrument pour tout le temps de l'opération, incision de la peau, dissection, section des muscles, etc.

Nous citerons pour mémoire les couteaux pour l'extraction de la cataracte, dont les variétés sont infinies, chaque spécialiste en ayant, pour ainsi dire, modifié la forme et les dimensions pour son usage personnel. — A. B.

|| 2° *Couteau à revers. T. de tann.* Instrument dont on se sert pour écharner, drayer, déborder, dégorger les peaux. La lame a le fil très rabattu, elle a généralement 27 à 30 centimètres de longueur sur 14 à 16 de largeur. Ce couteau est muni de deux manches à deux tranchants ; pour se servir de ces deux tranchants, on en rabat un en dessus au moyen d'un fusil en acier. || 3° *Couteau sourd* ou *couteau rond. T. de tann.* Couteau dont le tranchant est arrondi et qui est employé pour le *dépilage*, c'est-à-dire l'enlèvement du poil. || 4° *Couteau à dos.* Couteau qui ne coupe qu'à la partie concave ; le chamoiseur et le mégissier s'en servent pour ravaler les peaux sortant du confit. || 5° *T. techn.* Outil du tailleur de pierre et du marbrier pour couper les morceaux de petite dimension ; on distingue le *couteau à scie*, pour la pierre tendre, et le *couteau à grès*, pour la pierre dure. || 6° *Couteau à palette.* Outil de peintre à lame flexible et arrondie. || 7° *Couteau à grattoir*, à lame évasée, employé pour faire disparaître les vieilles peintures ou pour gratter les murs, les portes, etc. || 8° *Couteau à mastiquer*, en forme de losange ou de trapèze. || 9° *Couteau de chasse.* Grand couteau, ordinairement renfermé dans une gaîne, avec lequel ou achève la bête ; on s'en sert aussi pour se frayer un chemin à travers les branchages. || 10° *Couteau à papier.* — V. Coupe-papier. || 11° *Couteau de balance.* Prisme triangulaire en acier, dont l'arête la plus vive supporte le fléau. || 12° *Couteau ramasseur.* Sorte de palette qui ramène la matière molle sous la meule de certains broyeurs-mélangeurs. || 13° *Couteau à rogner.* Outil de relieur pour rogner la tranche des volumes ; on l'appelle aussi *rognoir*. || 14° Outil du même métier pour diminuer l'épaisseur des peaux ; il est à lame plate et terminée en arc de cercle du côté du tranchant. || 15° *Couteau à soutil.* Outil du boyaudier. || 16° *T. de pap. Couteau circulaire.* Ces couteaux forment la partie essentielle de la coupeuse en long (V. Coupeuse). Ce sont des disques en acier,

de forme variable, qui sont fixés sur deux arbres parallèles, animés d'une assez grande vitesse de rotation. Les disques se touchent pendant leur mouvement par leurs bords tranchants de façon à se dépasser de 2 à 3 m/m. Le papier est tendu pendant son passage à travers les couteaux circulaires dont la coupe est analogue à celle d'une paire de ciseaux.

Couteau à velours. Sorte d'épée carrée, de 5 millimètres d'équarrissage et d'une longueur d'environ 90 centimètres. Deux métaux, soudés bout à bout, l'un à l'autre, composent cette épée. L'extrémité où devra se trouver le tranchant, est une tige d'*acier*, ayant 35 centimètres environ ; l'autre extrémité, longue de 55 centimètres à peu près, est en fer laminé.

Le tranchant s'obtient en diminuant progressivement d'épaisseur l'extrémité aciérée du couteau et en affilant ce tranchant sur une meule, de manière à en former une sorte de lancette très allongée et très flexible. Le tranchant s'enchâsse dans un guide. Le guide est une lame ou feuille d'acier, repliée sur elle-même ; elle est façonnée de manière à maintenir le couteau dans toute la longueur de son pli et à ne laisser sortir qu'une partie du tranchant, jugée nécessaire et suffisante pour couper le velours de coton, auquel cet outil est affecté. Chaque type de velours a son guide spécial. Le guide se termine par une partie pleine, ronde, effilée et pointue, qu'on insinue sous les brides de trame qu'il s'agit de couper pour transformer ces brides en bras de pompons.

COUTELAS. Gros couteau de cuisine. || *Art. milit. anc.* Large et courte épée tranchante d'un seul côté, et qui était montée à manche simple ou à coquille pour garantir la main.

COUTELIER, IÈRE. *T. de mét.* Celui, celle qui fabrique ou vend des couteaux et autres instruments à lames d'acier pour couper ou percer.

* **COUTELLE** (Jean-Marie-Joseph), physicien, né en 1747, mort au Mans, en 1835. Après avoir étudié la physique et l'électricité, il s'occupa de la locomotion aérostatique. Sous la Révolution, le comité de Salut public le mit à la tête de la compagnie d'aérostatiers de l'armée de Sambre-et-Meuse. — V. Aérostatier.

COUTELLERIE. L'industrie désignée sous le nom de *coutellerie*, s'occupe de la fabrication de tous les objets tranchants, et ses productions peuvent se répartir dans les grandes catégories suivantes : coutellerie de table ordinaire et de luxe, coutellerie fermante ; lames fixes et à gaîne, telles que poignards, couteaux de chasse, etc.; grosse coutellerie à tranchants ; ciseaux et rasoirs ; instruments de chirurgie. L'Angleterre et la France en ont à peu près le monopole.

— La coutellerie moderne est une des industries qui a le plus progressé depuis 50 ans. Les procédés mécaniques, de plus en plus employés, ont donné de la précision et de l'uniformité aux pièces fabriquées; d'ingénieuses inventions ont rendu l'emmanchure plus simple et plus solide: on a dissimulé les complications du mécanisme, évité l'emploi des ressorts, découvert des moyens pour scier et presser les manches. L'estampage pratiqué dans des feuilles d'acier, le placage du fer, c'est-à-dire la substitution du fer à l'acier dans la partie inactive de l'outil, ont permis d'abaisser les prix.

Paris est le centre de la coutellerie fine. De même que leurs devanciers du moyen âge et de la Renaissance, les couteliers modernes, orfèvres-couteliers et couteliers faiseurs de manches, excellent dans l'art de ciseler, de damasquiner d'or et d'argent leurs remarquables produits, dont le bon goût, l'élégance, la perfection et souvent la nouveauté des formes les a fait apprécier du monde entier. Quant au couteau populaire, connu sous le nom d'*eustache*, qu'on fabriquait à Thiers pour six liards, et qui fit si bien l'admiration de Fox, à l'exposition de 1802, on en trouve un original authentique dans la collection Sauvageot, au Louvre. C'est un couteau à manche de bois, avec lame se fermant sans ressort, sur le manche duquel on lit d'un côté : Véritable, et de l'autre : Eustache Dubois. Cet objet, très peu remarquable comme objet d'art, a cela d'intéressant qu'en donnant le nom du coutelier Dubois, il indique en même temps la date approximative de sa fabrication, le nom de ce couteau populaire se trouvant pour la première fois dans les *Mémoires secrets*, à la date du 16 juin 1782. De plus, il détruit la locution vicieuse et presque généralement adoptée qui désigne cette espèce de couteau sous le nom de *eustache de bois*.

La coutellerie de Paris est assez restreinte : elle ne dépasse guère deux millions, tandis que celle de Thiers (Puy-de-Dôme) et des environs ne s'élève pas à moins de 12 millions et livre annuellement près de 50 millions de pièces fabriquées, couteaux de table, couteaux de poches, etc.

Fabrication. Jadis très grossière, la fabrication du Puy-de-Dôme s'est fort améliorée. M. Gustave Saint-Joanny, dans son étude sur la *coutellerie thiernoise*, attribue ce progrès à la division extrême du travail. Ainsi, pour faire un couteau, il y a d'abord le *martinaire* ou *marteau monstre*, qui aplatit, étire, allonge la barre de fer et d'acier en barres et les réduit aux dimensions voulues pour la fabrication. Au martinaire succède le *forgeron*, qui bat de nouveau l'acier ou le fer pour lui donner la forme de la lame, de la platine ou du ressort. Après le forgeron, le *limeur* ; après le limeur, le *perceur ;* après le perceur, l'*émouleur ;* le *polisseur*, le *plaqueur*, le *mitreur*. Quant au manche, il est confectionné par les *scieurs* d'os, de corne, de buis, d'ébène ou de bois de jaspe, voire même simplement de bois teint ou de matière plus précieuse, ivoire, écaille, nacre, etc. Avant d'être livré, l'os devra passer par les mains du *blanchisseur*, qui, pour lui donner le teint blanc et mat, aligne et fait sécher les manches sur son toit. La corne exigera le ministère du *cacheur* ou *redresseur de corne*. Une fois les parties du couteau rassemblées, le maître les donne au *monteur* ; du monteur le couteau passe au *mitreur*, chargé de polir et façonner la mitre ; du mitreur au *poseur*, puis à l'*affileur*, à l'*essuyeuse*, et finalement au *plieur*.

Paris a le monopole de la coutellerie de luxe en tous genres, ce qui s'explique aisément par suite des rapports intimes qui unissent alors la coutellerie avec la bijouterie, et toute une série de professions artistiques qui ne se rencontrent vraiment que dans cette ville. Les autres centres de fabrication sont Thiers, Nogent, Langres, Châtellerault ;

ceux-ci s'occupent principalement de la coutellerie courante. Dans quelques-uns on rencontre des fabriques où les ouvriers sont centralisés, et où le travail a pu être facilité par l'adjonction de machines, principalement pour les opérations de l'aiguiserie et de l'ajustage. Dans d'autres, au contraire, les ouvriers sont disséminés dans les localités environnantes, exerçant chacun d'eux une spécialité dans le travail, et les fabriques beaucoup moins importantes ne font que centraliser les diverses parties du travail et les coordonner entre elles.

Les diverses manipulations qui constituent le travail de la coutellerie peuvent se diviser en trois groupes : le travail de la forge ; le travail de l'aiguiserie ; le travail du montage.

1° *Le travail de la forge* comprend tout ce qui a trait aux opérations à faire subir aux matières constituant les lames, pour leur donner les formes et qualités qu'elles doivent présenter. Ces opérations comprennent d'abord le *corroyage*, destiné à transformer le métal qu'emploie la coutellerie, en un tissu homogène, doux et serré, qu'il rencontre rarement, même dans les meilleurs fers et aciers que lui livre le commerce. Il n'y a, d'ailleurs, à propos de la coutellerie rien de particulier à signaler pour le corroyage, si ce n'est qu'il doit être exécuté avec un soin tout particulier, afin d'obtenir cette homogénéité et cette régularité du métal. La soudure est en quelque sorte le complément naturel du corroyage, et lorsqu'il s'agit du fer elle n'est qu'une variété du travail de la forge, mais lorsqu'il s'agit de l'acier, on est obligé d'avoir recours à la variété de soudure dite *brasure*. — V. ce mot.

Les couteliers se servent, en particulier, de deux brasures dites *à l'argent* et *à l'or* dont voici les compositions :

Brasure à l'argent : argent et cuivre jaune dans la proportion de 1/4 ou 1/6 ;

Brasure à l'or : or 1 ; argent 2 ; cuivre 1.

La fabrication particulière des lames destinées, soit à faire des sabres, des armes de luxe, entraîne une opération connue sous le nom de *damasquinage* (V. ce mot) qui a pour but de leur donner une élasticité, une sonorité, un tranchant et une finesse remarquables, permettant d'imiter ces célèbres lames orientales pour lesquelles les Persans ont toujours eu une si grande réputation.

La trempe qui vient ensuite est une des opérations les plus essentielles de la coutellerie, puisque c'est elle qui procure le durcissement de l'acier et ses propriétés tranchantes. Elle consiste, comme on sait, à refroidir brusquement l'acier, qui durcit, augmente de volume, diminue de pesanteur spécifique, prend une texture particulière à grain très fin, éclaircit de nuance, et acquiert plus de tenacité. Les effets très multiples de la trempe, rendent cette opération, comme on le comprend aisément, très complexe, et l'une de celles dans laquelle l'habileté de l'ouvrier a une grande influence. La tenacité, la dureté et l'élasticité de l'acier sont trois qualités, quelquefois indépendantes et cependant qui doivent rester dans un certain rapport. L'acier, trop faiblement ou trop fortement trempé, voit dans les deux cas son élasticité diminuer, il y a donc un degré intermédiaire qu'on ne saurait dépasser. Une des opérations essentielles de la trempe, réside dans l'écrouissage à froid, ou forgeage à froid de l'acier qui influe pour une part considérable sur le résultat de la trempe. Une observation essentielle à noter dans le travail de la trempe, c'est que toutes les fois que l'acier a été chauffé à un trop haut degré, il ne suffit pas de laisser refroidir pour procéder à la trempe, il faut que l'acier revienne naturellement à la température ordinaire, subisse un nouvel écrouissage et soit chauffé de nouveau au degré convenable avant d'être plongé dans l'eau froide. Toute autre façon d'agir, plus rapide il est vrai, sera défectueuse et ne donnera jamais que de mauvais résultats. La trempe qui a pour but de donner à l'acier de la résistance, de la dureté et de l'élasticité, lui procure rarement ces trois qualités à la fois, d'où souvent la nécessité de reprendre ce travail à plusieurs reprises. Si l'acier n'est pas assez dur, une seconde trempe peut corriger le défaut survenu après la première : mais s'il est devenu aigre, il faut lui donner une chauffe spéciale, connue sous le nom de *recuit*. Il y a entre la chauffe de la trempe et le recuit des différences très notables, utiles à connaître.

La chaude de trempe ne doit être ni trop lente ni trop intense, sous peine d'altérer la composition de l'acier et elle présente comme exécution cette difficulté, que l'ouvrier peut assez difficilement estimer l'état réel du métal au feu, et que les passages intermédiaires entre le rouge brun et la chaleur blanche ne se discernent pas aisément. Aussi remplace-t-on le plus souvent et avec avantage, la chauffe au feu de forge par l'immersion dans des bains d'alliages métalliques fondant à des températures connues, de telle sorte que lorsque ce bain est devenu liquide, l'ouvrier sait exactement que l'acier est porté à telle ou telle température, et en le plongeant alors dans l'eau froide, il peut apprécier le degré de trempe qu'il a donné.

Voici à ce sujet la composition de quelques alliages, fondant à des températures connues, et propres à la trempe d'objets de coutellerie.

Objets à tremper	Alliage		Point de fusion
	Plomb	Etain	
Lancettes	7	4	213°
Instruments divers de chirurgie	7 1/2	4	221
Rasoirs	8	4	225
Canifs	8 1/2	4	232
Grands canifs, scalpels	10	4	241
Cisailles, outils de jardinage	14	4	252
Haches, cognées, cout. de poche.	19	4	262
Couteaux à gaine, grands ciseaux.	30	4	274
Epées, ressorts de montre	48	4	285
Poignards, tarières, petites scies.	50	4	289
Grandes scies	huile de lin bouill.		312
Trempe douce	plomb fondu		319

L'expérience a prouvé que, si l'on trempe très

fortement une barre d'acier, puis qu'on la laisse refroidir, elle devient susceptible de montrer ensuite au feu toutes les nuances de température qu'on lui fera supporter, de telle sorte que dans le recuit l'ouvrier peut beaucoup mieux apprécier les degrés par lesquels le métal passe successivement. De là les noms bien connus des nuances de feu qui sont, en partant de la plus basse : la couleur d'eau, le bleu foncé, le violet, le pourpre, le rouge cuivre, le jaune d'or et le jaune de paille. Un acier, pour être très tenace, sera recuit au bleu foncé ; s'il doit être plus dur que tenace au jaune paille. Ainsi les rasoirs sont recuits au jaune paille, les bistouris, canifs, et toutes les lames qui ont besoin de corps au jaune d'or, les couteaux et toutes les lames robustes au rouge cuivre, les ciseaux au pourpre, les ressorts au bleu foncé et violet. Certaines pièces comme les lancettes exigent des soins particuliers dans l'opération du recuit, la lame devant présenter à la fois plusieurs nuances au feu, ainsi un couteau devra montrer du tranchant au dos, le rouge cuivre, le violet et la couleur d'eau.

2° *Le travail de l'aiguiserie* comprend l'*émoulage* pour donner à la lame le tranchant que la forge n'a pu lui procurer ; l'*affilage* pour abattre les rainures, le morfil subsistant après l'émoulage, et donner à la lame le fil qu'elle doit avoir ; le *polissage* pour donner de la douceur et de la vivacité au tranchant, et à toute la lame un aspect net et brillant. L'émoulage se fait avec un enduit d'eau et de suif sur des meules généralement en grès,

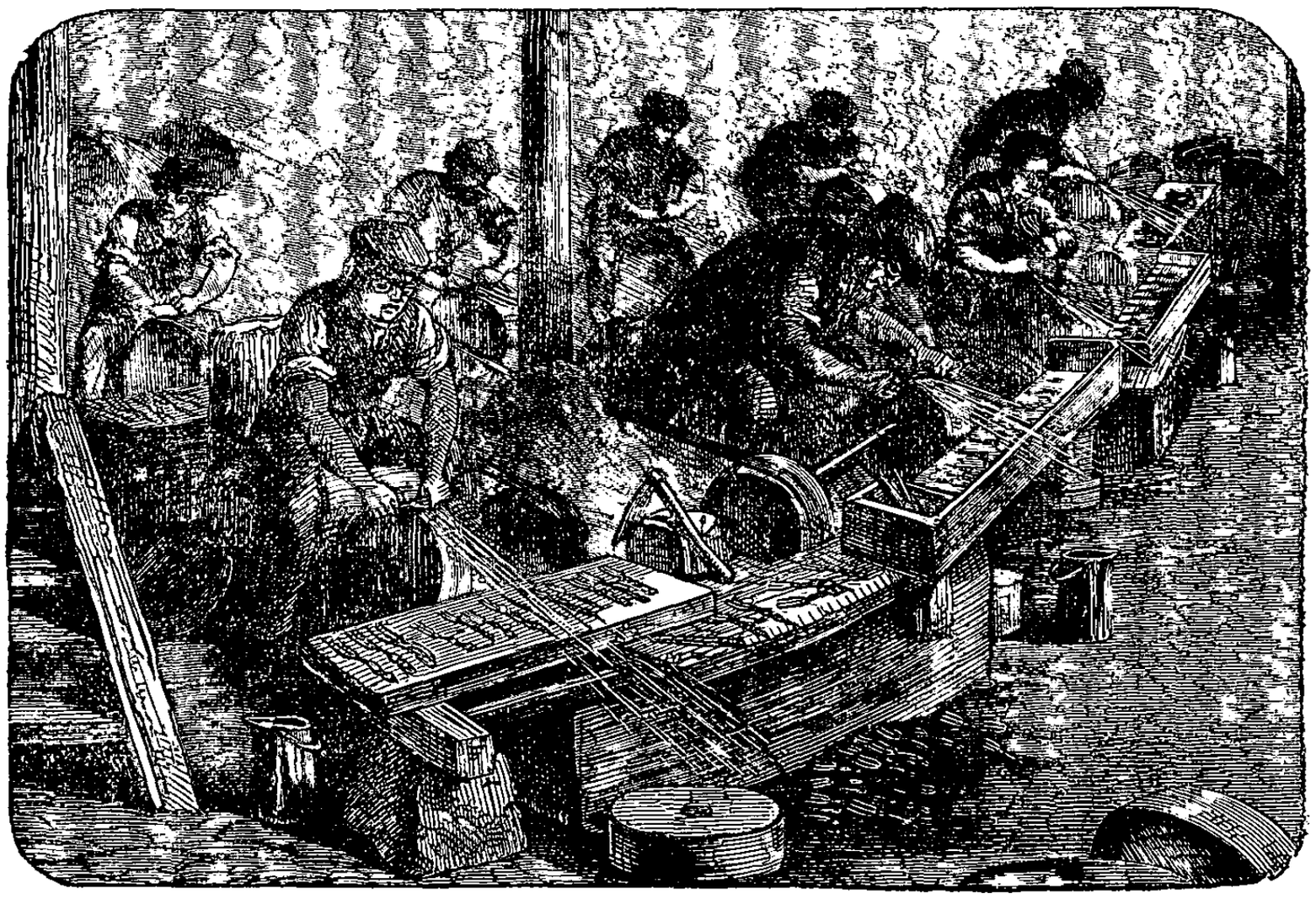


Fig. 602. — *Atelier d'émoulage.*

qui ne doivent tourner qu'à une vitesse modérée pour éviter le trop grand échauffement des lames. Il est inutile de dire que plus les lames sont de petites dimensions et plus le travail offre de difficultés, parce qu'un mauvais coup de meule les altère plus facilement. La figure 602 montre l'installation d'un atelier d'émoulage, travail assez pénible pour les ouvriers qui l'exécutent, à cause des poussières métalliques qui remplissent l'air. Ils s'abritent toujours les yeux avec de larges lunettes. L'affilage se fait à la main avec des pierres à aiguiser. Ces pierres sont de nature assez variable.

Les pierres arénacées, en grès houiller, pour les grands couteaux :

Les pierres à huile, dites du Levant, en chaux carbonatée, pour les dos des lames ;

Les pierres à rasoirs, en schistes argilo-siliceux :

Les pierres à burin, en schiste verdâtre à grains serrés, pour les lames fines :

Les pierres à lancettes, en caillou vert calcaire silico-argileux.

Enfin le polissage s'exécute, soit sur des sortes de meules en bois très dur, soit à la main, soit à la brosse. Le premier procédé ou poli ordinaire n'est suffisant que pour la coutellerie commune. Il est susceptible d'une variété, le poli au noir, où la meule de bois est recouverte d'une lame de cuir, sur laquelle on a déposé de la potée d'étain ou du rouge d'Angleterre. La potée d'étain, mariée avec celle d'acier et délayée avec de l'eau-de-vie, donne un très beau poli. Le polissage à la main s'exécute en tenant la lame dans un étau et la frottant avec une pièce de bois de noyer couverte d'émeri, ou de potée, comme précédemment. Le polissage à la brosse qui se fait avec des meules garnies de brosses, et imbibées de bouillie d'émeri, de potée et de rouge, s'emploie pour les pièces dont la forme tourmentée ne permet pas d'en atteindre toutes les parties par les deux premiers procédés.

3° *Le travail d'ajustage* comprend toutes les opérations nécessaires pour achever une pièce de coutellerie, prête à être livrée au commerce, après qu'on en a forgé, et trempé la lame et qu'on a rendu le tranchant coupant. Elles consistent à terminer les lames par le limage, à préparer les manches, les pièces qui servent à former la liaison des lames et des manches et enfin à fixer ces derniers entre eux. Les divers genres de couteaux peuvent se rattacher à deux classes ; les couteaux à gaine, et les couteaux fermant à manche, le plus simple est formé d'une lame, terminée vers le manche par une pièce beaucoup moins large en forme de pointe dite *queue* ou *soie*, séparée de la lame par un rebord dit *mitre*, qui sert à asseoir la lame sur le manche, généralement l'on enveloppe le bout du manche qui s'appuie sur la mitre avec une petite bague en métal dite *virole*. Les couteaux fermant sont à une ou plusieurs lames, mais toujours constitués avec les mêmes éléments. Ces lames sont alors sans queues, mais pourvues d'un renflement dit *talon*, que traverse l'axe autour duquel elles tournent. Ce talon est arrondi, suivant une de ses tranches et s'appuie contre un ressort, fixé au manche dont il forme le dos. Ce ressort peut pivoter légèrement autour d'un rivet qui passe vers le milieu. Les faces du manche sont dans ce cas formées par des lames dites *platines*, qui sont recouvertes par les plaques de bois ou d'autre matière formant le manche proprement dit. L'assemblage des platines, des ressorts, des lamelles et des lames se fait à la lime, puis à l'aide de clous traversant les pièces et rivés sur les platines.

Les manches de coutellerie se font en métal en bois, ou en matières diverses telles que la corne, le caoutchouc, l'écaille, l'ivoire et la nacre. Parmi les bois les plus employés, on peut citer le buis, l'if et les bois des îles, principalement l'ébène, le bois de rose et l'acajou. Ces matières sont débitées, suivant les formes convenables, à la scie, à l'écouelle, à la lime, ou préparées par les procédés de moulage, quand il s'agit de la corne, de l'écaille ainsi qu'il est expliqué dans les articles consacrés à ces mots. Ils sont ensuite polis au frottoir avec du rouge d'Angleterre délayé soit avec du suif, de l'huile ou de l'alcool.

L'ajustage des manches et des lames se fait de diverses façons, suivant qu'il s'agit d'un couteau à gaîne, ou d'un couteau fermant à ressorts. Pour cimenter un couteau à gaine, on commence par mettre la queue de la lame au feu ; pendant qu'elle chauffe, on emplit le trou du manche avec du ciment en poudre. Ce ciment se fait avec un mélange de 1 partie de brique broyée assez fin, 4 parties de poix résine broyée de même, et 1 partie de cire jaune. Quand la queue est un peu chaude, on la présente au trou, et la force à y entrer. Lorsque la mitre est arrivée sur la virole, on retire la queue du trou, on la garnit de ciment, on l'enfonce de nouveau dans le manche, et l'on réitère cette manœuvre, jusqu'à ce que l'on sente le ciment s'épaissir. On ajuste bien la mitre sur la virole et on laisse refroidir. Souvent la queue dépasse le manche et doit être ensuite rivée à son extrémité, aussi ne doit-on pas la trop chauffer, parce que l'acier se trempe dans le ciment, et qu'alors la lime ne mordrait plus dessus, et qu'on casserait la queue dans le manche.

Lorsque le manche est formé de platines en métal, recouvertes de plaques de matières diverses, l'ajustement de ces pièces se fait à l'aide de rivets, passant dans des trous convenablement percés à travers toutes les pièces bien ajustées en place. Quelquefois des rivets spéciaux assujettissent spécialement les plaques formant le manche sur les platines, qui portent aux extrémités des renforts pour le passage des portelames. Quelquefois aussi on se contente d'un simple collage, ou d'un emmanchement des plaques dans une rainure à coulisse, les bords des platines se trouvant en saillie et à fleur des faces définitives du manche. Ces procédés sont, comme on le comprend facilement, susceptibles d'une foule de modifications. — R.

* **COUTELURE**. *T. techn.* Défaut d'une peau ou d'un parchemin entamé par le couteau.

COUTIER. *T. de mét.* Ouvrier, fabricant de coutil.

COUTIL. On donne le nom de *coutil* (dérivé de la ville de Coutances qui, au siècle dernier, en fabriquait des quantités considérables) à une sorte de tissu très fort et serré, uni ou rayé, fait soit en fil de lin, soit en fil de lin mélangé de fil de coton, soit encore en fil de coton. Les tissus qui portent ce nom sont des plus variés et leurs usages très divers. C'est ainsi qu'on connaît les coutils pour literie (matelas, traversins, oreillers, etc.), pour ameublement (stores, housses pour fauteuils, chaises, canapés, voitures, etc.), pour vêtement (articles pour pantalons, doublures, guêtres, chaussures, corsets, etc.).

—Dès le principe, ce genre de tissu actuellement fabriqué en France, à Lille, Roubaix, Flers, La Ferté-Macé, Mayenne, Laval, Evreux, Nantes et Troyes, n'était fait qu'en fil de lin ou de chanvre ; plus tard, et pour soutenir la concurrence de l'Angleterre et surtout de la Belgique et des Pays-Bas, on fabriqua des coutils « mélangés » et des coutils de coton. C'est une famille Bourlet, à ce que rapporte Roland de la Plâtière, qui, vers 1760, dans la ville d'Evreux, monta la première une fabrique de coutils dits « façon Bruxelles » en fil de lin et coton, pour supplanter les tissus belges alors plus réputés que les tissus français. La fabrication d'Evreux se soutint longtemps péniblement, gravement compromise en 1789, plus active sous l'Empire, et s'affermissant seulement vers 1814, grâce à l'établissement de droits protecteurs résultant de la séparation de la Belgique d'avec la France. Aujourd'hui, la ville d'Evreux fabrique encore une petite quantité de coutils pour corsets et de coutils rayés pour literie en fil de coton. Mais c'est surtout dans la ville de Flers (Orne), que se concentra immédiatement une partie de la fabrication française des coutils de coton. C'est en 1770 que cette fabrication a commencé, c'est-à-dire dix ans après l'établissement de la fabrique d'Evreux. En 1839, une enquête industrielle fut ouverte par l'association normande, et il fut constaté que la production du coutil, à Flers et aux environs, était de 2,000 pièces par semaine, d'une valeur de 100 francs à la pièce, soit une production annuelle de plus de 10 millions. En 1852, la même association procéda à une nouvelle enquête, et il fut établi

que la fabrique de Flers produisait 192,000 pièces par an, pesant 3,600,000 kilogrammes, d'une valeur de 17 millions de francs. En 1868, une autre enquête a permis de constater que le nombre des maîtres fabricants était de 302, celui des métiers répandus dans la campagne de 15,000, des métiers mécaniques de 400, et le nombre d'ouvriers occupés de 23,000, produisant annuellement 250,000 pièces pesant 4,500,000 kilogrammes, d'une valeur de 28 millions de francs. Aujourd'hui, le nombre des fabricants de Flers est de 175 occupant 10,157 métiers à la main, il existe 7 tissages mécaniques avec 1080 métiers, le nombre d'ouvriers occupés est de 1800, la production peut être évaluée à 8,900,000 kilogrammes par an d'une valeur de 27 millions de francs. Dans cette somme de travail, on peut évaluer la production des 1080 métiers mécaniques à 12 millions de francs et celle du tissage à la main à 15 millions. Les fabriques des autres villes n'ont été créées que bien longtemps après celles de Flers et d'Evreux.

Actuellement, la production de la ville de Flers est l'une des plus considérables de France; elle embrasse plutôt les coutils de coton ou mélangés que les coutils de fil. Le nombre des articles qu'elle fabrique est considérable, d'aspect et de largeurs très diverses (80 centimètres, 1m,20, 1m,60, 1m,80, etc.). Nous citerons principalement les coutils pour literie (qui se font toujours par rayures alternées, les unes blanches et les autres bleues), les coutils pour tentes (à rayures alternées, quelquefois rouges et blanches, quelquefois blanches et bleues), les coutils pour stores (rayés gris, blanc, rouge, bleu, jaune, etc.), les coutils gris et blancs, pour chaussures et corsets, les coutils dits *lacets bleus*, pour blouses et pantalons, les coutils à ailes de fougère dits *treillis*, etc.

La Ferté-Macé, dans le même département, fabrique les mêmes coutils, mais moins variés.

Les fabriques de Laval et Mayenne ont la spécialité des coutils tout fil pour pantalons : elles approvisionnent bien souvent nos régiments de cavalerie.

Lille et surtout Roubaix se sont adonnées à la fabrication du coutil nouveauté qui est assez restreinte.

Enfin, on trouve, principalement à Nantes et à Troyes, les coutils de chasse à carreaux et autres et les coutils blancs, rayés, unis et croisés.

Le tissage des coutils se fait, en règle générale, par l'armure sergé de 3 le 4. Les coutils à fleurs et à dispositions (pour literie en fil, pour ameublement en fil et coton) sont façonnés et nécessitent l'emploi de la jacquard; on les fait en armure damassée. — A. R.

COUTRE. *T. d'agric.* Sorte de couteau épais, placé dans l'âge de la charrue et en avant du soc, pour couper la terre et faciliter le labourage. — V. Charrue.

***COUTRIER** ou **COUTRIÈRE.** *T. d'agric.* Genre de charrue à plusieurs coutres pour défricher les prés. || Pièce à coulisse qui reçoit le coutre.

COUTURE. *T. techn.* Action ou manière de coudre. || Marque des joints du moule sur une figure coulée en plâtre.

***COUTURE** (Thomas), né à Senlis, le 21 décembre 1815, manifesta de très bonne heure ses dispositions pour le dessin. Tout enfant, il découpait des pantins en papier; plus tard, il dessinait dans sa chambre, le soir, en cachette, car ses aptitudes avaient rencontré de vives résistances chez son père. Il parvint cependant à les vaincre et entra dans l'atelier du baron Gros.

Nous n'avons point à étudier ici les œuvres de Couture, mais à mentionner seulement quelques-unes de ses peintures décoratives.

Couture termina, en 1854, l'importante décoration de la *Chapelle de la Vierge,* à Saint-Eustache. « Les vitraux, écrivait Couture, donnent à mes saints des draperies bien rouges, bien vertes, bien jaunes; ils tamisent la lumière qui éclaire mes peintures; elles semblent, dans ces conditions, être éclairées par des bocaux de pharmacie. » Ce travail est, en effet, placé dans des conditions de jour déplorables; c'est à peine si l'on peut distinguer les personnages. C'est en 1854 que Couture conçut ces séries où Arlequin et Pierrot tiennent les rôles principaux : le *Mariage d'Arlequin,* le *Duel de Pierrot et d'Arlequin,* la *Commandite,* etc. Il exposa, l'année suivante, un pendant à l'*Orgie romaine,* une *Orgie parisienne,* ou le *Souper à la Maison d'Or;* l'industrie du papier peint s'empara de la composition et la popularisa. Le gouvernement, en 1856, lui commanda un grand tableau représentant le *Baptême du Prince impérial.* Couture le commença, y travailla avec ardeur, puis l'abandonna sans le terminer. Cependant l'excellence du début aurait dû lui inspirer le courage de poursuivre; cette œuvre inachevée est un remarquable type de tableau d'histoire moderne. Peu de temps après, l'administration des Beaux-Arts d'alors conçut un vaste projet, celui de décorer la salle des Etats, au Louvre. Couture fut chargé de cet important travail. Le *Baptême du Prince impérial* devait y figurer ainsi que deux autres compositions représentant l'*Empire s'appuyant sur l'Eglise et sur l'Armée ponr repousser l'Anarchie,* et l'*Enrôlement des Volontaires.* Ce projet de décoration, dont les esquisses ont figuré en 1880, à l'exposition des œuvres de Couture, fut abandonné. A tort ou à raison, Couture se croyait victime de la malveillance et de la jalousie. Le jury de l'Exposition universelle de 1855 lui ayant décerné une première médaille, il refusa cette récompense, la jugeant tout à fait au-dessous de son mérite.

Thomas Couture est mort le 29 mars 1879, âgé de soixante-quatre ans. Son tableau des *Romains de la décadence* restera une des belles pages de la peinture française au XIXe siècle.

COUTURIER, IÈRE. *T. de mét.* Celui, celle qui fait métier de coudre des vêtements de femme. — V. Confection.

***COUVERCLE.** *T. de mach.* En outre de son acception commune, ce mot s'applique au plateau de fonte ou de bronze, de forme appropriée à la fermeture d'un cylindre, du côté correspondant au haut de *course* (V. ce mot) du piston. La fermeture du côté opposé se nomme *fond de cylindre.* Pour les grands cylindres à vapeur, le couvercle s'emboîte d'une certaine quantité dans le cylindre; il est relié à la collerette par un nombre

de boulons suffisant pour résister à la pression intérieure et assurer un joint hermétique, en comprimant une tresse ou une toile enduite de minium, ou, ce qui est préférable, de blanc de céruse, entre son rebord et la collerette. Ce rebord porte généralement une saillie égale au moins à la largeur de la tresse du joint, afin que les lèvres du rebord et de la collerette ne soient pas en contact immédiat lorsque le joint est serré. L'espace libre sert à l'introduction de coins acérés, pour faciliter le décollage du couvercle. Dans le même but, le rebord porte trois ou quatre trous taraudés, qui servent de *casse-joints*; le bout des vis s'appuie sur une partie pleine de la collerette; l'effort exercé sur ces vis tend à écarter le couvercle, lorsque tous les boulons sont enlevés.

Les couvercles sont pourvus : d'un presse-étoupe, pour le passage de la tige du piston; d'un godet graisseur, pour lubrifier le cylindre; d'une soupape de sûreté, pressée au moyen d'un ressort, pour permettre l'échappement de l'eau qui peut arriver dans le cylindre. Cette soupape est habituellement placée au centre d'un bouchon, rapporté contre le couvercle et de dimensions assez grandes pour que l'enlèvement de ce bouchon livre passage à un homme, ce qui permet de visiter l'intérieur du cylindre sans opérer le démontage du couvercle. Enfin, les grands couvercles sont creux, afin qu'on puisse y établir une circulation de vapeur, pour les tenir à l'abri du refroidissement. Dans le cas de plusieurs tiges de piston, il y a naturellement autant de presse-étoupes que de tiges.

Dans les machines horizontales et dans celles à pilon, le couvercle est souvent *venu* de fonte avec le cylindre.

COUVERT DE TABLE. On désigne, en industrie, sous le nom de *couverts*, la réunion de la cuiller et de la fourchette dont on se sert à table. Cette fabrication constitue aujourd'hui une industrie importante, que les progrès de la mécanique et de l'électro-chimie ont puissamment contribué à développer.

— Au moyen âge on prenait les aliments avec les doigts. Ce ne fut que vers la fin du x^e^ siècle qu'un empereur d'Orient se servit de la première cuiller et de la première fourchette. L'usage de la fourchette se répandit lentement, tandis que celui des cuillers se propagea assez vite; leur commodité fut plus généralement appréciée. Les couverts se faisaient principalement en bois et en corne. Dès le XVII^e^ siècle l'usage des couverts était très répandu en Italie; mais dans les autres pays il paraît avoir été beaucoup moins en honneur. Les grands seigneurs avaient des couverts en argent, comme objet de grand luxe.

Lorsque l'usage des couverts en fer battu, et en alliage de plomb et d'étain, commença à se généraliser, cette industrie naissante prit un rapide essor.

Vers la fin du XVIII^e^ siècle, la fabrication des couverts avait atteint un assez grand degré de perfection. Les couverts en argent étaient forgés à la main, sur un tas recouvert de plomb dans le creux duquel on emboutissait au marteau la partie concave, désignée sous le nom de *cuilleron*. Par le martelage on façonnait le couvert; les ornements, les filets, se faisaient par les procédés de la gravure, et la bande de métal laminée, découpée aux dimensions voulues, devenait après de longues opérations une cuiller ou une fourchette qu'on terminait avec la lime et le polissage à la main. L'emploi des balanciers et matrices pour emboutir et cambrer les couverts fut essayé avec succès, et ce fut pendant longtemps le seul mode adopté par la fabrication industrielle.

Ce fut vers 1817 que Jalabert essaya de remplacer le balancier et les matrices par le laminoir dont les deux rouleaux portent en creux l'empreinte du couvert, de manière que les deux parties serrant l'une contre l'autre pressent le métal soumis à l'action du laminoir.

FABRICATION. Les couverts fabriqués par les méthodes que nous allons décrire sommairement, sont faits avec du *métal blanc* ou du *maillechort*, alliage de cuivre, de zinc ou de nickel. C'est ce dernier corps qui contribue à augmenter la blancheur de l'alliage.

A l'usine de Créteil, par exemple, l'alliage destiné à composer le *métal blanc* est fondu dans des creusets installés dans des fourneaux activés par de puissants ventilateurs.

Quand la matière en fusion a acquis le degré d'homogénéité voulue, elle est versée sur une trémie, sorte de tamis épurateur, dont les trous correspondent à 10 lingotières groupées en un seul faisceau. La coulée s'opère rapidement et produit ainsi, chaque fois, 10 lingots ayant les dimensions nécessaires pour qu'après le laminage on puisse découper dans chaque morceau deux pièces, symétriquement disposées tête-bêche; cette ingénieuse innovation évite une notable quantité de déchets au découpage.

Néanmoins, l'on peut apprécier l'importance de cette fabrication au point de vue de l'outillage et de la main-d'œuvre, en considérant que pour arriver à livrer au commerce 1 kilogramme de métal à l'état de couverts polis, il faut fondre et laminer au moins 3 kilogrammes 1/2 d'alliage; le façonnage, les rebuts et les déchets absorbent ainsi plus des deux tiers environ de la matière première mise en œuvre.

Les pièces sortant du découpoir excentrique sont placées sur une matrice plate et gravée qui, au moyen d'un *guide* spécial, vient passer entre deux cylindres de laminoir unis, donnant à chacune des diverses parties de chaque pièce, aux *cuillerons*, *fourchons* et *spatules*, les épaisseurs que ces parties doivent avoir.

Ensuite, l'action d'un petit balancier commence à donner aux pièces la cambrure et l'emboutissage, qui se terminent rapidement par le passage entre deux matrices en acier, gravées en creux et en relief, qui donnent aux couverts la forme définitive et produisent les filets et autres ornements dont on a voulu les décorer. L'action de ces machines est obtenue par l'emploi d'un nouveau système de balancier à friction dont le fonctionnement ne laisse rien à désirer. Les pièces sortent de là terminées entièrement, quant à leur forme et à leur cambrure. Il ne reste plus qu'à les ébarber et les polir. L'ébarbage, commencé avec une molette en acier tournant à 1,800 tours par minute, est achevé à la lime; puis le polissage est effectué à l'aide d'un tour muni d'une meule garnie de buffle et de brosses de poils de sanglier; la vitesse est de 2,000 tours à la minute.

C'est après avoir été ainsi complètement ache-

vés que les couverts sont soumis à l'argenture, par les procédés décrits à l'article ARGENTURE, § *Argenture électro-chimique*.

La composition de l'alliage employé par divers fabricants donne un métal d'une blancheur et d'une sonorité qui se rapprochent des apparences de l'argent et qui permettent de livrer les couverts à l'état naturel.

Nous ne décrirons pas la fabrication des couverts en alliage d'étain, ni en fer estampé. Pour ceux-ci, le laminage, le découpage et l'emboutissage s'effectuent par des moyens mécaniques dont l'ensemble comporte l'emploi du laminoir, des matrices d'emboutissage et du balancier. Pour les autres, leur fabrication se réduit à la fusion de l'alliage d'étain et à sa coulée dans des moules qui produisent d'un seul coup la fourchette et la cuiller. Le bon marché des couverts en métal blanc tend à substituer ceux-ci à ceux-là.

COUVERTE. 1° *T. de céram.* Enduit vitrifiable, terreux, dont on recouvre les pièces en pâte céramique, lorsque celles-ci sont desséchées ou ont reçu une demi-cuisson, et qui se fond à une haute température égale à celle de la cuisson des pâtes qu'il recouvre. Les couvertes, qui sont une des variétés des glaçures ou enduits vitreux dont on recouvre presque toutes les pâtes céramiques, servent à rendre ces pâtes imperméables aux corps liquides, et en particulier aux corps gras, à leur donner un éclat et quelquefois des couleurs agréables à l'œil. Ce qui les distingue parmi les autres glaçures, c'est le degré de température auquel a lieu leur fusion. — V. CÉRAMIQUE, § *Mise en couverte*. || 2° *T. de pap.* Cadre à jour, que l'on pose sur la forme et qui détermine l'épaisseur du papier fabriqué à la main. || 3° Courroie sans fin qui suit la toile métallique dans la fabrication mécanique du papier et qui sert à envoyer la pâte sur les rouleaux.

I. **COUVERTURE.** *T. de constr.* Assemblage de matériaux formant la surface d'un toit et destiné à garantir l'intérieur de l'édifice contre les influences atmosphériques, en particulier contre l'humidité. On comprend dans la couverture le plancher jointif ou à claire-voie, voligeage ou lattis, sur lequel reposent ordinairement ces matériaux, qui doivent satisfaire à diverses conditions. Il faut qu'ils soient légers, inaltérables à l'air, incombustibles, résistants et faciles à travailler, d'un aspect agréable, d'un prix peu élevé et d'un entretien peu coûteux. Les principales matières employées pour atteindre ce but, sont la tuile, l'ardoise, le plomb et le zinc. La pierre, le chaume, le bois, le papier et le carton bitumés ou non bitumés, le cuivre, la tôle, etc... sont d'un usage plus restreint, provisoire ou suranné; nous ne donnerons au sujet de ces derniers matériaux que les indications indispensables sur leur mode d'emploi; mais, pour suivre dans cette étude un ordre méthodique, nous examinerons successivement les *couvertures en terre cuite*, comprenant les *tuiles* de diverses formes; les *couvertures en pierre*, c'est-à-dire en *marbre*, en *pierres taillées*, en *ardoises*, en *laves*, etc.; les *couvertures métalliques*, dont les éléments sont le *plomb*, le *cuivre*, le *zinc*, le *fer*; enfin, les couvertures en *matériaux divers*, tels que le *chaume*, le *jonc*, le *bois*, la *toile*, le *papier* et le *carton bitumé* ou *non bitumé*.

Couvertures en terre cuite. *Tuiles anciennes*. L'usage de la terre cuite pour la couverture des édifices remonte à une antiquité très reculée. Cette matière est celle qui présente pour cet objet les meilleures chances de durée : elle est d'une fabrication économique, d'une couleur agréable et isole mieux que toute autre. Les Grecs et les Romains employaient deux espèces de tuiles : les unes plates et les autres courbes. Les premières présentaient des rebords saillants sur les côtés dirigés suivant le sens de la pente du toit, et chacune d'elles était placée à recouvrement sur celle qui lui était immédiatement inférieure; leurs joints montants étaient fermés par les secondes, qui se recouvraient également les unes les autres et formaient des nervures destinées à rejeter les eaux sur les tuiles plates. Chaque rangée de tuiles creuses était ordinairement arrêtée dans le bas par une tuile un peu plus grande que les autres, solidement fixée sur la corniche et fermée sur sa face inférieure. Cette tuile spéciale, appelée *antéfixe*, était décorée d'ornements peints ou en relief. Quelquefois les antéfixes étaient supprimées et remplacées par un chéneau en terre cuite plus ou moins orné.

Ce système de couverture, ou du moins un système analogue, est encore en usage en Italie : les chevrons, espacés de 0^{m},32 d'axe en axe, supportent une aire composée de grandes briques de 0^{m},028 d'épaisseur et dont les joints sont garnis de mortier. Sur le carrelage ainsi formé, on range d'abord les tuiles plates *tegole*, plus larges par le haut que par le bas et se recouvrant de 0^{m},08 environ; l'intervalle qui sépare ces rangées est recouvert, ainsi que leurs rebords, par les tuiles creuses, *canali*, lesquelles sont également posées à recouvrement. Toutes ces tuiles sont quelquefois maçonnées sur le carrelage; le plus souvent on se contente de maçonner les rangées inférieures. La pression exercée par ces couvertures est considérable et exige des charpentes très massives.

Tuiles creuses. Dans quelques parties de la France, notamment dans le Midi, la couverture est entièrement exécutée en tuiles creuses disposées par rangées alternativement concaves et convexes. Ces tuiles qui n'ont pas moins de 0^{m},35 de long. et 0^{m},014 d'épaiss., sont simplement posées sur un plancher continu ou voligeage et calées avec de petites pierres ou des débris de vieilles tuiles. L'inclinaison de ces couvertures ne doit pas dépasser 27°, pour empêcher le glissement des tuiles, qui sont, d'ailleurs, très souvent maçonnées à la partie inférieure du toit; cette inclinaison ne doit pas non plus être inférieure à 15°, pour éviter les filtrations. Les couvertures de ce genre pèsent de 75 à 90 kilogrammes le mètre superficiel; elles sont économiques; mais la prise qu'elles offrent au vent nécessite de fréquentes réparations. Les angles saillants et rentrants, *faîtages*, *arêtiers* et *noues* de ces combles s'exécutent en tuiles de même forme, mais de plus grandes dimensions et posées à bain de mortier.

Tuiles flamandes. On emploie, dans le nord de la France, en Flandre, en Belgique, des tuiles appelées *tuiles flamandes* ou *pannes*, qui sont à double courbure en forme d'S aplatie. Elles

portent par le haut un fort talon, au moyen duquel elles s'accrochent à des lattes clouées sur les chevrons, ce qui permet de les employer avec de fortes inclinaisons. Elles se recouvrent de 0m,05 environ, et leurs joints sont habituellement garnis de mortier. Ces couvertures pèsent près de 80 kilogrammes par mètre carré; elles ne sont pas parfaitement étanches, vu la fréquente irrégularité des tuiles.

Tuiles plates. Ces tuiles ont habituellement la forme d'un rectangle dont le grand côté se place dans le sens de la pente du toit. Elles sont munies, en dessous, à leur partie supérieure, d'un talon, au moyen duquel on les fixe sur des lattes en chêne, posées par rangées horizontales, clouées sur les chevrons et espacées du tiers de la longueur des tuiles. Chacune de ces dernières se trouve ainsi recouverte sur les deux tiers de sa longueur; le tiers qui reste apparent reçoit le nom de *pureau*. Il résulte de cette disposition que la couverture comporte trois épaisseurs de tuiles dans toute son étendue. On a soin, dans la pose, de chevaucher les joints d'une rangée à l'autre, de manière que chaque joint tombe au milieu de la tuile immédiatement inférieure.

Les tuiles plates, employées à Paris, sont de deux modèles différents : les unes, dites de *grand moule*, ont 0m,31 de longueur sur 0m,22 de largeur et 0m,0157 d'épaisseur; elles pèsent près de 2 kilogrammes; les autres, dites de *petit moule*, ont 0m,267 de longueur sur 0m,183 de largeur et 0m,014 d'épaisseur, leur poids est de 1k,3 environ.

La partie inférieure de la couverture, que l'on nomme *égout*, affecte différentes dispositions. L'*égout simple* s'emploie lorsqu'un chéneau est placé au pied du comble: la première rangée de tuiles, disposée comme à l'ordinaire, s'appuie sur l'arête de la sablière, qu'elle dépasse d'une certaine quantité. Quand la corniche ne porte pas de chéneau, on se sert de l'*égout retroussé* : on pose en liaison, à bain de plâtre ou de mortier, sur la face supérieure de la corniche, un double rang de tuiles auxquelles on donne une légère pente et une saillie de 0m,10 à 0m,11, les *coyaux* ou petites pièces de bois qui prolongent les chevrons s'appuient sur le bord intérieur de l'égout et la première rangée de tuiles de la couverture, sur le bord extérieur. L'*égout pendant* s'emploie lorsque les extrémités des chevrons dépassent le mur : on cloue sur ces extrémités un rang de planches (chanlattes), taillées en biseau, sur lesquelles s'appuie le double rang de tuiles formant l'égout.

Tuiles plates à emboîtement. Les tuiles plates ordinaires constituent d'excellentes couvertures, mais elles exigent des inclinaisons très prononcées et elles chargent beaucoup les charpentes, à cause de leur mode de recouvrement. De plus, leur crochet casse souvent. Aussi, depuis un certain nombre d'années, l'usage tend-il à se répandre de tuiles plates à rebords, qui ont l'avantage de diminuer la surface perdue par les recouvrements et, par suite, le poids de la couverture ; de rendre celle-ci plus étanche, en facilitant l'écoulement des eaux de pluie et en évitant les fuites dues à l'action du vent et à la capillarité, de rendre tous les éléments de la toiture solidaires par les procédés d'assemblages appliqués et des moyens d'attache mieux disposés, enfin, de former des dessins d'un assez bon effet. Le caractère général de ces tuiles est d'être plates; mais présentant des rebors et des rainures qui permettent aux tuiles de s'emboîter les unes dans les autres. Il en existe un grand nombre de variétés auxquelles on a donné aussi le nom de *tuiles mécaniques*, en raison des procédés appliqués à leur fabrication. Nous ne citerons que celles qui peuvent être regardées comme des types et que l'on classe en *tuiles rectangulaires* et en *tuiles lozangiques*. L'invention des tuiles rectangulaires à emboîtement est due à MM. Gilardoni frères, d'Altkirch (Alsace), qui ont livré au commerce plusieurs modèles de ces produits. Le n° 1, breveté en 1841, est dit *à losange*, à cause d'un ornement de cette forme, placé en saillie au milieu de chaque tuile. Ce modèle a 0m,33 de pureau, 0m,20 de largeur utile, 0m,012 à 0m,015 d'épaisseur. Les tuiles ne se recouvrent l'une l'autre que de quelques centimètres et par des emboîtements latéraux; leur assemblage a lieu par chevauchement et est dit à *joint vertical discontinu*. L'attache au lattis est assurée par deux crochets placés au revers. Ces tuiles, tombées dans le domaine public, se fabriquent en grande quantité dans plusieurs localités de France, notamment à Montchanin (Saône-et-Loire). Le type n° 2 présente sur sa face supérieure, au lieu d'un losange, une nervure médiane; de plus, il est à *joint vertical continu*, comme le type n° 3, qui est de beaucoup le plus estimé. Ce dernier modèle, dit *à double recouvrement*, est plus long que le type n° 2, aussi large et présente la même surface découverte. La tuile est accompagnée, sur son périmètre, de rainures qui présentent leur concavité en dessus sur les côtés supérieur et de gauche, en dessous sur les côtés inférieur et de droite. Chaque tuile se trouve ainsi très convenablement liée avec les tuiles voisines. De plus, ces rainures sont accompagnées de rebords saillants, dont l'ensemble forme sur le toit des compartiments dirigés dans le sens de la ligne de plus grande pente et propres à donner aux eaux un rapide et facile écoulement. La petite quantité de liquide qui peut s'introduire par les joints verticaux s'échappe dans la rainure correspondante et est rejetée sur le dessus de la tuile immédiatement inférieure. Le rebord du bas est accompagné d'un larmier et d'un coupe-larmes qui s'opposent efficacement à toute espèce d'infiltration. MM. Muller et Cie, à Ivry-sur-Seine, fabriquent des tuiles Gilardoni légèrement modifiées; une nervure faisant suite aux crochets isole la tuile de la latte, qui est ainsi préservée de l'humidité. M. Girard, MM. Royaux et Beghin à Leforest (Pas-de-Calais), MM. Dumont et Pizet à Acheux (Somme) et à Roanne (Loire) livrent au commerce des tuiles rectangulaires dites à *colonne*, dans lesquelles l'emboîtement longitudinal affecte la forme cylindrique ou conique et donne ainsi moins de prise au vent que l'emboîtement prismatique des tuiles Gilardoni. Il faut 14 ou 15 de ces diverses tuiles rectangulaires pour former

un mètre carré de couverture. Le poids moyen en est de 40 kilogrammes. L'écartement des chevrons est de 0m,80 d'axe en axe et les lattes de sapin qui les portent doivent être distantes de 0m,30 à 0m,33. La pente ordinaire à employer pour ces tuiles est de 0m,30 à 0m,40 par mètre. Les jours, les ventilations, les tabatières, œils de bœuf se font sans raccords, par la disposition même de tuiles de fonte ou de terre, de double, triple ou plus grande dimension, s'emboîtant avec les autres.

Les tuiles *losangiques* sont des tuiles s'assemblant entre elles par joints obliques. Parmi les tuiles losangiques régulières, nous citerons la tuile *Courtois*, dont la forme est exactement carrée. Elle se pose, une pointe en bas l'une des diagonales du carré étant horizontale et l'autre dirigée suivant la pente du toit. Les rebords des deux côtés de la tuile qui sont tournés vers le bas du comble font saillie sur la face inférieure et les deux autres sur la face supérieure. Ces tuiles ont 0m,27 de diagonale et 0m,23 de côté. Elles se fixent, au moyen d'un crochet, sur un lattis disposé en forme de treillis. On peut donner aux couvertures ainsi formées une très faible inclinaison ou une forte pente. La tuile *Josson* est une tuile losangique irrégulière fréquemment employée. Son aspect se rapproche de celui d'une feuille d'arbre; elle présente, par dessus et par dessous, vers les bords, des rainures et des saillies qui s'emboîtent les unes dans les autres. Chaque tuile est maintenue par un crochet sur le lattis. Il y a deux grandeurs de tuiles Josson: le *grand moule* et le *petit moule*. Leur couleur habituelle est rouge; mais il y en a de grises, de bleues et, en les combinant, on peut obtenir des dessins très variés. Il existe encore un très grand nombre de tuiles qui se rapprochent plus ou moins des types examinés ci-dessus. Nous citerons seulement, comme tuiles de bonne qualité: les tuiles *Demimuid*, de deux modèles, le premier dit *ogival*, le second à *double face*, les tuiles Fredel et Sicard, les tuiles Martin, Legrand, etc.

Les tuiles plates à emboîtement dont nous venons de parler sont de beaucoup préférables aux tuiles plates ordinaires et aux tuiles creuses; mais elles exigent l'emploi de matières premières d'excellente qualité et plus de perfection dans le travail de leur fabrication que les autres. Enfin, d'une manière générale, au point de vue de l'entretien et de la durée des couvertures en tuiles, les conditions suivantes sont recommandées: solide charpente, lattis sans flexion, tuiles de bonne qualité à surface lisse; pente inclinée au delà de celle ordinairement suffisante, aérage facile de la face inférieure des tuiles et du lattis.

Tuiles vernissées. Une des meilleures garanties de faible entretien et de longue durée pour les couvertures en terre cuite est l'emploi de tuiles *vernissées*, c'est-à-dire revêtues d'une couche vitreuse conservatrice et que l'on colore diversement en blanc, en jaune, en brun, en vert, en bleu, etc., afin de pouvoir en former, au besoin, de riches mosaïques. Cet usage, très ancien, du reste, mais abandonné depuis longtemps, semble devoir renaître aujourd'hui, il est déjà très répandu en Allemagne, notamment en Bavière. A Paris, nous signalerons comme un curieux spécimen de ce genre de couverture la gare du champ de Mars, construite à l'occasion de l'Exposition universelle de 1878.

Tuiles diverses. On garnit les parties saillantes ou rentrantes des toits avec des tuiles spéciales. Dans les couvertures en tuiles plates, le faîtage, les arêtiers et les noues se font avec des tuiles creuses, maçonnées au plâtre ou au mortier. Les tuiles *faîtières* les plus simples, sont demi-cylindriques et ont ordinairement 0m,40 à 0m,50 de longueur. On les pose à sec, de manière qu'elles se touchent le plus exactement possible; puis, on les scelle à leur base et sur leurs joints. Outre ces tuiles ordinaires, on distingue: 1° les faîtières à *emboîtement* et les faîtières à *recouvrement*; 2° les faîtières à *angle droit*, employées pour les combles exposés à de grands vents et aussi pour les couvertures en ardoises; 3° les faîtières à *dos d'âne*, à *ogives*; souvent elles sont ornées et forment une décoration à laquelle on a donné le nom de *crête*. Pour les arêtiers, on se contente, d'ordinaire, à Paris, de couper diagonalement les tuiles au droit de ces saillies et l'on place un filet de plâtre ou solin qui en recouvre les bords. Dans les couvertures en tuiles creuses, on pose à bain de mortier, sur les angles saillants des arêtiers ou des faîtages des tuiles de même forme; mais de grandes dimensions. Dans les couvertures formées de tuiles à emboîtement, les faîtages, les arêtiers et les noues s'exécutent de même en tuiles creuses posées à recouvrement. Certains fabricants livrent au commerce, pour cet objet, des tuiles échancrées, soit d'un seul côté, soit des deux côtés, et pouvant s'emboîter avec les tuiles à nervures, telles que lés tuiles Gilardoni et autres. Enfin, les extrémités d'une couverture en tuile aboutissant à un pignon sont garnies très fréquemment d'une bordure en terre cuite, dont les éléments reçoivent le nom de *tuiles de rive*. Ce sont des pièces qui s'emboîtent les unes dans les autres. Les extrémités de la rive sont très souvent ornementées.

Couvertures en pierres. *Pierres taillées.* Les Grecs et les Romains ont fréquemment employé des tuiles de marbre blanc pour la couverture de leurs principaux édifices. Ces tuiles étaient disposées à la manière des tuiles en terre cuite dont se servaient ces mêmes peuples. Les tuiles plates portaient des rebords latéraux et quelquefois aussi, à la base et au sommet, des rebords par lesquels elles s'accrochaient réciproquement et qui s'opposaient à l'introduction des eaux pluviales. Les couvre-joints étaient habituellement de forme rectangulaire.

Un système analogue est quelquefois employé dans nos grands édifices, lorsque la couverture se pose immédiatement sur des voûtes en maçonnerie. Des dalles, plus ou moins épaisses, se posent à recouvrement et sont séparées par de longues pierres faisant l'office de couvre-joints. On trouve dans quelques édifices des terrasses couvertes en dalles, posées sans recouvrements, les unes à côté des autres, avec joints remplis en

mastics de différentes compositions. Les laves, les basaltes sont également employés dans certaines régions, en Auvergne par exemple, comme matériaux de couverture. Dans quelques parties du midi de la France, on exécute aussi des terrasses en briques qui paraissent donner d'assez bons résultats. Elles sont formées de deux rangées de grandes briques, posées à joints recouverts et à bain de mortier hydraulique. Enfin, l'on couvre quelquefois les terrasses en bitume. Ce système est assez économique et donne des couvertures parfaitement étanches, lorsqu'il a été convenablement exécuté; mais le bitume est sujet à s'amollir, lorsque la température est très élevée, ou à se fendre, soit dans les grands froids, soit par suite des mouvements qui se manifestent dans la construction.

Ardoises. Employées comme matériaux de couverture, les *ardoises* présentent snr les tuiles divers avantages : elles sont plus légères, plus faciles à travailler et forment des surfaces plus unies et plus brillantes, mais elles sont moins durables, elles éclatent au feu et n'offrent pas assez de solidité pour que les ouvriers chargés des réparations puissent marcher dessus sans les briser. En outre, le vent a plus d'action sur elles que sur les tuiles et elles résistent moins bien au contact prolongé de l'humidité. Il faut donc : 1° éviter l'emploi des ardoises trop minces, sans compacité, gélives et hygrométriques (V. Ardoise); 2° donner aux couvertures une pente rapide, et trouver, pour ces matériaux, un mode d'attache les fixant invariablement sur le toit. Suivant leur provenance, les ardoises offrent des couleurs différentes; celles employées en France sont de couleur gris bleuâtre, gris verdâtre, claire ou violette. Elles sont presque toujours de forme rectangulaire et sont débitées sur divers échantillons (V. Ardoisière). Les ardoises dont l'usage est le plus répandu à Paris proviennent des carrières d'Angers et se désignent sous le nom de *grandes carrées fortes*, elles ont 0^m,30 de longueur, 0^m217 de largeur et 0^m,0035 d'épaisseur. D'autres modèles de plus grandes dimensions ont été empruntés à l'Angleterre, permettant des inclinaisons plus faibles pour les couvertures. Les ardoises des Ardennes sont inférieures à celles de l'Anjou sous le rapport de la finesse du grain; mais elles sont plus dures et peuvent se débiter sous d'aussi faibles épaisseurs.

Il y a économie à exécuter les couvertures en ardoises sur lattes, quand on adopte l'un des grands échantillons. Lorsque les ardoises sont de petites dimensions, il faut les poser sur un plancher presque jointif, formé de planches minces ou *feuillets* de sapin ou de peuplier, clouées sur des chevrons. On commence par construire l'égout, qui s'exécute à la manière de ceux des couvertures en tuiles : en ardoises, s'il doit être *simple* ou *pendant*, en tuiles s'il doit être *retroussé*. Les ardoises se posent ensuite, comme les tuiles plates, par rangées horizontales, en liaison et au tiers de pureau. Chacune d'elles est fixée en tête sur le voligeage, à l'aide de deux clous de cuivre ou de fer galvanisé. Ce mode d'attache, encore usité dans un grand nombre de régions, est très défectueux, surtout pour les grandes ardoises, parce que le vent soulève celles-ci, fait levier sur les points d'attache et projette les ardoises, au travers desquelles a passé la tête des clous. On a, dans ces derniers temps, eu l'idée de substituer aux clous des crochets en fil de cuivre, en zinc ou en fer galvanisé, qui soutiennent l'ardoise par sa tranche inférieure, c'est-à-dire au point où le vent a le plus d'action pour la soulever; elle est, en outre, appuyée, au sommet, par le crochet de celle qui la recouvre et, au besoin, son remplacement s'opère avec la plus grande facilité. Les arêtes saillantes ou rentrantes des combles s'exécutent, suivant l'importance des constructions, en lames de plomb ou de zinc, qui recouvrent les ardoises dans le premier cas et sont recouvertes dans le second. Souvent même, dans les constructions ordinaires, les faîtages et les noues sont revêtus en tuiles creuses peintes en noir, et, quant aux arêtiers, on adopte le même système ou l'on se contente de couper les ardoises de manière à ce qu'elles forment exactement l'arête voulue, en se recouvrant sur leur épaisseur. Cette dernière disposition prend le nom de *tranchis biais apparent*. L'inclinaison que l'on donne à ces couvertures dans les régions tempérées varie entre 33° et 45°, et va jusqu'à 60° dans les contrées où les neiges sont fréquentes. La pente dépasse même ce chiffre dans les brisés des combles dits *à la Mansard* (V. Comble). Au contraire, les grandes ardoises du modèle anglais permettent de descendre jusqu'à 15°, limite qu'il est, d'ailleurs, prudent de ne pas atteindre. Quant au poids d'une couverture en ardoises, il varie de 30 à 40 kilogrammes par mètre carré. Enfin, les ardoises étant trop faibles pour qu'on puisse y marcher, lorsque les pans ont un grand développement, on emploie divers procédés afin de faciliter l'accès aux ouvriers chargés des réparations et, notamment, aux fumistes; on dispose souvent les chéneaux, les noues, les faîtages de manière à permettre le passage; on pratique des escaliers de distance en distance; on fixe sur les chevrons des crochets en fer de bonne qualité, pour y appliquer des échelles et soutenir des échafaudages.

Couvertures métalliques. *Plomb*. Très ductile et très malléable, le plomb convient parfaitement à la couverture des édifices; mais ce métal ne peut être employé que sous une forte épaisseur pour résister, d'une part, à l'altération que lui fait éprouver la couche d'oxyde dont il se recouvre; de l'autre, à un déchirement possible, sous l'effet des mouvements de dilatation et de contraction produits par les variations thermométriques. De là, il résulte une grande lourdeur pour les couvertures en plomb; aussi réserve-t-on ce métal pour la toiture d'édifices importants ou pour certaines parties de ces édifices à surfaces courbes, telles que les dômes. Le plomb est, d'ailleurs, d'un usage habituel pour la couverture des terrasses, des chéneaux, des noues, des faîtages, des arêtiers. Les tables de plomb utilisées pour la couverture ont, d'ordinaire, de 3 à 5 mètres de longueur sur 1 à 2 mètres de largeur et de 0^m,0022 à

0m,0045 d'épaisseur. Le mètre carré de couverture, pour des feuilles dont l'épaisseur est comprise entre ces limites pèse de 25 à 53 kilogrammes. Ces tables se posent par rangs, le plus petit côté dirigé suivant le sens de la pente du toit, sur un plancher en voliges disposé de la même manière que pour une couverture en ardoises. On commence par établir le chéneau qui doit régner au bas du comble; on rabat le dossier de ce chéneau sur le voligeage et dessus on fixe, par des crochets espacés de 0m,50 les uns des autres, le bas des tables. On déroule celles-ci en les dressant avec une batte en bois et on les fixe avec de forts clous sur les chevrons. Latéralement, les feuilles se relient entre elles par un ourlet ou pli dans lequel on laisse le jeu nécessaire pour la dilatation. Le premier rang de feuilles posé, on procède de même à l'établissement du second, jusqu'au sommet du comble, qu'on garnit d'un *enfaitement*. Le recouvrement des tables, dans le sens de la longueur, varie de 0m,081 à 0m,162. Les couvertures des dômes s'exécutent de la même manière. Dans les terrasses, la longueur des tables est dirigée suivant le sens de la pente. Ces tables s'agrafent latéralement les unes aux autres, comme dans le cas précédent, par des ourlets; mais on a soin de rabattre ceux-ci pour ne pas gêner la circulation. Chacune d'elles recouvre, à son extrémité, la feuille inférieure; au droit du joint, une petite saillie ou gradin a été ménagée, pendant la construction de la terrasse, pour s'opposer aux infiltrations. Les chéneaux en plomb s'exécutent, à la manière des terrasses, avec des feuilles dont la longueur est dirigée dans le sens de la pente et dont les joints s'établissent sur de petits gradins pratiqués sur le fond du chéneau. En outre, ces feuilles se clouent, d'un côté, contre la sablière ou sur le voligeage de la couverture et, de l'autre, elles se relèvent contre la pierre ou le madrier qui forme la face extérieure du chéneau, puis se rabattent par-dessus en formant bourrelet. La durée des couvertures en plomb est considérable, elle peut atteindre plusieurs siècles; la plupart de nos cathédrales sont couvertes en plomb.

Cuivre. Ce métal ou plutôt le bronze a été fréquemment employé par les anciens en lames épaisses pour la couverture d'édifices importants : le Panthéon d'Agrippa, le temple dédié par Adrien à Vénus et à Rome conservent encore des traces de leur couverture de bronze.

De nos jours, le cuivre destiné aux toitures est, au contraire, utilisé en feuilles très minces, partant légères et économiques. Les feuilles très minces ont besoin, pour boucher les fissures résultant du laminage, d'être étamées, soit sur les deux faces, comme à la halle aux blés de Paris, soit, comme on le fait habituellement, sur la face inférieure. Les feuilles employées d'ordinaire ont 1m,137 de largeur sur 1m,408 de longueur et se distinguent, dans le commerce, par des numéros correspondant au poids de ces feuilles exprimé en livres. Ainsi, le n° 25, qui a été employé pour la couverture de la Bourse de Paris, pèse 25 livres par feuille, ou 7k,625 par mètre carré; le n° 20, adopté pour la couverture de la Chambre des députés, dans la même ville, pèse 6k,10 par mètre carré. Ces feuilles sont assez épaisses pour se passer de l'étamage. Il vaut mieux, d'ailleurs, quand les ressources dont on dispose sont limitées et que l'on ne peut donner au cuivre une épaisseur convenable, employer, de préférence, le zinc ou la tôle de fer. Les feuilles de cuivre se posent, comme les tables de plomb, à dilatation libre. Chaque feuille est ordinairement maintenue, à sa partie supérieure, au moyen de vis, sur le plancher du comble; elle recouvre la feuille inférieure et s'assemble à double recouvrement formant bourrelet avec les feuilles voisines. On s'oppose au soulèvement par deux agrafes qui sont soudées au-dessous de chaque feuille, près de son extrémité inférieure, et qui s'engagent sous la feuille précédente. Appliqué sur un comble en fer, le cuivre est assez rigide pour que le voligeage puisse être supprimé.

Zinc. De tous les métaux, le zinc est celui dont l'usage pour les toitures est le plus répandu. Exposé à l'air, il se couvre, comme le cuivre, d'une mince couche d'oxyde, qui est parfaitement adhérente, insoluble dans l'eau, très dure, et préserve le reste du métal. Moins dur et moins tenace que le cuivre, mais beaucoup plus que le plomb, ce métal a l'inconvénient de se dilater plus que ces deux métaux et d'être moins ductile que le second; aussi est-il moins propre à la couverture des terrasses qu'à celle des combles. Le zinc se trouve, dans le commerce, en feuilles distinguées par des numéros correspondant à leur poids. Les numéros employés pour toitures varient de 10 à 26; leur épaisseur est comprise entre 1/2 millimètre et 0m,00266. Ces couvertures se disposent de différentes manières, qui peuvent se classer en quatre catégories : 1° les feuilles sont employées sous les dimensions que fournit le commerce; 2° elles sont divisées en petits panneaux ou ardoises; 3° elles sont courbées; 4° elles sont cannelées.

Les couvertures à *grandes feuilles* s'établissent sur un voligeage, pour lequel on emploie quelquefois de minces feuillets de peuplier plus ou moins espacés, mais qui doit s'exécuter en planches de sapin de 0m,012 d'épaisseur sur 0m,12 de largeur environ, fixées par deux clous sur chaque chevron et espacées de 0m,01. Sur ce voligeage, on cloue des *tasseaux* ou tringles en sapin à section trapézoïdale et placées à la distance qu'exige la largeur des feuilles (0m,80 ou 0m,65). Celles-ci, placées de telle façon que leur longueur soit dirigée dans le sens de la pente du toit, se relèvent sur les côtés à angle obtus, sur une hauteur de 3 à 4 centimètres, de manière à s'appliquer librement sur les faces chanfreinées des tasseaux entre lesquels elles sont comprises. Elles sont maintenues, dans ce sens, au moyen de pattes en zinc passant sur le tasseau et se repliant sur l'arête de la feuille, sans gêner sa dilatation. Les joints horizontaux sont formés par une agrafure, consolidée par des pattes en zinc clouées sur le plancher. Des chapeaux en zinc, formant couvre-joints et fixés par des vis sur les tasseaux, recouvrent à la fois ces dernières et les bords relevés

de deux feuilles contiguës. La tête de chaque vis repose sur une petite rondelle en zinc et est recouverte d'un *calotin* en même métal soudé sur un couvre-joint ou *chapeau*. Souvent, ce dernier est simplement maintenu par des agrafes fixées au tasseau. Les noues s'exécutent en plomb ou en feuilles de zinc soudées et fixées aux lattes, sur les rives, par des clous en fer galvanisé. Les feuilles de zinc de la couverture s'y relient par agrafures. Les arêtiers sont disposés comme les couvre-joints ordinaires; la tringle est seulement un peu plus forte et les feuilles sont soudées entre elles, ainsi qu'aux chapeaux qu'elles rencontrent. On applique le même procédé aux faîtages; mais l'emploi du plomb serait préférable. Divers autres systèmes ont été suivis pour le mode de fixation des grandes feuilles de zinc sur le voligeage; celui que nous venons de décrire est le plus fréquemment employé. Les feuilles sont formées, ou plutôt devraient toujours l'être, de zinc n° 14; les chapeaux et les noues, de zinc n° 16. L'emploi de ce métal en ardoises et en feuilles courbes ou cannelées a donné lieu à des solutions intéressantes, mais généralement plus coûteuses que le système précédent, et dont les applications ont été fort restreintes jusqu'à présent.

Fer. En Angleterre, en Suède, dans le nord de l'Allemagne et surtout en Russie, on fait un emploi fréquent de la couverture en tôle de fer. En Angleterre, on remarque des couvertures exécutées en tôle cannelée et courbée. Les feuilles sont réunies entre elles au moyen de clous rivés. Ce système a été souvent appliqué dans ces dernières années à la couverture de certaines constructions de chemins de fer français. En Russie, la tôle de fer est employée en feuilles planes reposant sur des tringles de bois placées horizontalement. Ces feuilles se relient entre elles par recouvrement dans le sens de la pente du toit et s'assemblent sur les côtés par pli formant bourrelet. Elles sont maintenues par des agrafes en tôle clouées sur les tringles. On préserve ces couvertures de l'oxydation au moyen de couches de peinture à l'huile fréquemment renouvelées. Dans quelques parties de la Prusse et de la Pologne, on voit des clochers couverts en ferblanc, matière qu'il ne semble guère possible de protéger, dans nos climats, contre l'oxydation. La galvanisation ou l'étamage au zinc du fer donne, au contraire, de bons résultats. Les couvertures en tôle galvanisée se disposent, à la manière des couvertures en zinc, en grandes feuilles planes ou courbes, avec couvre-joints, ou en petites feuilles se repliant sur les côtés. Signalons ici l'emploi qui a été fait d'ardoises en tôle galvanisée pour la couverture des bâtiments de l'Exposition universelle de 1878. On a encore essayé de couvrir des édifices en tuiles de fonte; mais les toitures ainsi formées sont lourdes, dispendieuses et mal protégées contre les infiltrations, par le gauche que présentent presque toujours les plaques en fonte.

Couvertures en matériaux divers. *Chaume*. Un grand nombre de constructions rustiques, d'habitations de paysans, sont encore couvertes à l'aide des tiges (*pailles* ou *chaumes*) de diverses graminées. Mais les règlements de police actuels interdisent presque partout l'emploi et la réfection de ces couvertures, à cause de leur extrême combustibilité. Toutefois, ce genre de toiture convient très bien aux glacières, à cause de la propriété que possède la paille de ne pas conduire la chaleur. Nous dirons seulement que le chaume se fixe en bottes ou *javelles*, sur un lattis de bois non équarri, à l'aide de liens en osier. Ces bottes se posent par rangées horizontales appelées *orgnes*. La durée de ces couvertures très économiques peut aller jusqu'à trente et quarante années. On fait des toitures analogues au chaume avec diverses espèces de plantes marécageuses, telles que les joncs, les roseaux et les glaïeuls.

Bois. Pour des couvertures provisoires, on emploie quelquefois le bois, soit en *planches*, soit en *bardeaux*. Les toits du premier genre sont formés de planches clouées et vissées horizontalement sur des chevrons coupés en crémaillère à leur partie supérieure, et disposées de manière à se recouvrir d'environ 1/5 de leur hauteur. Des tringles recouvrent les joints montants, placés toujours au droit d'un chevron. Le tout est peint à l'huile ou au coaltar. Ce genre de couverture convient notamment aux scieries établies dans les forêts. Les *bardeaux* sont des espèces d'ardoises en bois de chêne, de hêtre, de châtaignier ou de sapin, clouées sur un lattis. Chaque rangée de bardeaux recouvre la rangée inférieure des 2/3 de sa hauteur. Il faut les enduire de peinture à l'huile fréquemment renouvelée.

Toile. On peut donner à des constructions provisoires une toiture très légère faite avec de la toile *cirée* ou *gommée*, appliquée sur voliges et fixée avec des clous à tête plate par *lés* horizontaux, en recouvrement les uns sur les autres.

Carton. Quelques applications ont été faites à la couverture soit de carton préparé avec un enduit spécial (système Ruolz), soit de *carton-cuir*, dû à un inventeur parisien, M. P. Desfeux.

Matériaux bitumés. Le *papier goudronné* s'emploie sur plancher de voliges entre deux couches de goudron chaud, celle extérieure étant saupoudrée avec du sable de rivière. On fait usage aussi, dans certaines régions, de feuilles de gros *carton*, imprégnées de goudron et placées à recouvrement les unes sur les autres, soit sur un léger lattis à claire-voie, soit sur un voligeage. Citons encore les toiles *cartonnées* et *bitumées* (système Chameroy); les *cartons bitumés* et *sablés* (système Letacq), comme fournissant des toitures légères et très économiques; le feutre asphaltique, d'origine anglaise, qui se vend en rouleaux de 0m,80 de large sur 25 mètres de long, dont le prix est un peu plus élevé que celui du carton bitumé, mais qui procure encore une couverture bon marché, légère et durable.

Conditions générales. Nous terminerons cette étude par quelques mots sur les conditions générales que doivent remplir les couvertures, sur les moyens employés pour faciliter l'écoulement des eaux et sur la décoration des toits. Les qualités à rechercher dans une couverture sont : l'imper-

méabilité, l'humidité pourrissant les lattis, les voligeages et les charpentes en bois ; la résistance à l'action du vent; un jeu suffisant pour les dilatations et contractions produites par les variations atmosphériques; une légèreté qui permette de réduire l'équarrissage des pièces de la charpente; l'incombustibilité; des frais de premier établissement en rapport avec la destination du bâtiment; enfin un entretien peu coûteux. Il faut aussi, d'une manière générale, que les matériaux sur lesquels la couverture doit reposer n'offrent pas une durée moindre que ceux de cette couverture elle-même. On observe que plus la pente est forte plus le comble exige de matériaux; mais, plus faible aussi est la prise que les éléments de la toiture offrent à l'action du vent et de la capillarité. Cette inclinaison doit être comprise entre 22° et 45°.

Nous remarquerons cependant que le maximum est fréquemment dépassé, notamment dans les brisis, couverts en ardoise ou en zinc, des combles à la Mansard. Dans les limites que nous venons de citer, on peut évaluer à $0^m,06$ et $0^m,09$ le cube de bois à employer par mètre carré de couverture pour supporter celle-ci. Enfin, l'on est généralement déterminé, dans le choix d'un système de couverture, par certaines conditions d'économie, par les circonstances locales, par la nécessité d'attribuer un caractère particulier à un édifice. Mais, si l'on compare entre eux les trois systèmes de couverture les plus usuels : tuiles, ardoises et zinc, on observe que les frais de premier établissement de la couverture en zinc sont doubles de ceux occasionnés par les deux autres systèmes; qu'au contraire, les frais d'entretien sont moins coûteux avec le zinc; qu'à ce point de vue, la réparation des solives, filets ou plâtres, souches de cheminées, occasionne de nombreux dégâts et que si la tuile supporte bien le passage des ouvriers, il n'en est pas de même pour l'ardoise; que, d'autre part, le remaniement d'une couverture en tuile est plus coûteux que le renouvellement complet d'une couverture en ardoises; enfin, que les vieux matériaux de couverture perdent 2 tiers de leur valeur pour le zinc, moitié pour la tuile et le tiers pour l'ardoise.

De tous les systèmes employés pour effectuer l'écoulement des eaux pluviales qui tombent sur les toits, le plus simple consiste à laisser ces eaux égoutter librement de la partie inférieure du toit, à condition que ce toit ait une forte saillie sur le mur et que le bâtiment soit peu élevé.

Quant à la décoration des toits, elle entre pour une grande part dans l'aspect de l'édifice et, si ce côté du problème architectural semble avoir été négligé durant de longues années, il faut constater que, de nos jours, de sérieux efforts ont été tentés pour lui donner des solutions souvent très heureuses. Au moyen âge et à l'époque de la Renaissance, la décoration des couvertures était en grand honneur : tuiles colorées et vernissées, distribuées suivant divers dessins, crêtes ou galeries ajourées sur les faîtages, poinçons de croupe et chéneaux sculptés donnaient à l'édifice l'empreinte du goût qui avait présidé à la construction. Les progrès accomplis récemment dans la fabrication des produits destinés à l'industrie du bâtiment, permettent aux constructeurs d'attribuer aux couvertures le rôle important qui leur convient dans la décoration architecturale. — F. M.

II. **COUVERTURE.** Ce mot s'applique à toute étoffe qui a pour fonction d'envelopper la surface entière ou partielle d'un objet, et de garantir ou préserver cette surface ou l'intérieur de l'objet des corps extérieurs; nous avons à nous arrêter plus spécialement à la couverture tissée. Nous diviserons cet article en deux chapitres : la *couverture de laine* et la *couverture de coton*.

COUVERTURES DE LAINE

Historique. Au commencement du siècle, Orléans et ses environs, avec Paris, Lyon et Beauvais, étaient les quatre centres principaux de fabrication de la couverture. Orléans s'occupait alors presque exclusivement de la couverture verte, qu'elle expédiait en Bretagne, en Saintonge, en Bourgogne, etc., etc., de nombreux colporteurs qui parcouraient ces régions y venaient faire chaque année leurs achats. Paris au contraire avait le monopole de la couverture blanche, et trouvait sur place, ainsi que dans le Nord, un important débouché. Lyon alimentait la vallée du Rhône et le midi jusqu'à Bordeaux. Beauvais trouvait au milieu des riches populations de la Normandie, de la Picardie et de la Flandre un écoulement facile.

En dehors de ces quatre centres principaux, la couverture se fabriquait un peu partout, il n'y avait guère de petit fabricant de drap qui ne destinât les plus blanches de ses laines à en tisser quelques-unes.

Les communications rapides ne tardèrent pas à faire disparaître toutes ces industries éparses. Orléans, Paris, Lyon et Beauvais restèrent longtemps les seules villes où se fabriquait la couverture.

Mais Paris, avec le prix croissant de la main-d'œuvre, fût le premier à cesser ce genre de fabrication. Dans le Midi, au contraire, le bas prix des salaires permit à quelques usines de s'établir en concurrence avec Orléans dont l'importance grandissait chaque jour. Orléans est en effet arrivé aujourd'hui à une importance industrielle considérable; ses neuf manufactures alimentent les 3/4 de notre pays. Lyon ne possède plus que deux ou trois usines et Beauvais n'en a plus qu'une seule.

Il se produit annuellement en France environ 500,000 couvertures de laine représentant une moyenne de 7 millions de francs et nécessitant pour la fabrication une population de 1,400 ouvriers et une force motrice de 7 à 800 chevaux. Nous ne comprenons pas dans ces chiffres la couverture de voyage ni de cheval, ni le genre particulier de couvertures dit mi-laine, cabri, dont nous parlerons plus loin.

Fabrication des divers genres de couvertures. La couverture aujourd'hui de beaucoup la plus en usage est la blanche. La couverture verte, cependant, est toujours bien demandée dans les campagnes. La rouge trouvait son écoulement en Allemagne; mais depuis les nouveaux droits d'entrée, ce genre de couverture a été forcément abandonné.

Matières premières. La couverture de laine se fabriquant pour tous les prix, depuis la couverture grise jusqu'aux plus belles couvertures blanches, on peut donc dire que tous les genres de laine sont employés ; nous ne nous occuperons ici que de celles destinées à produire les belles couvertures blanches. La laine, par suite, la plus re-

cherchée est celle qui jouit d'une blancheur éclatante, et comme telles, les laines de Russie, d'Australie, de Saxe, jouent un très grand rôle dans cette fabrication.

Pour la couverture verte, cette partie du centre de la France appelée Sologne produit, au milieu de ses marécages, un genre de laine qui excelle à cette fabrication.

Filature. La filature se fait absolument comme pour les tissus cardés : l'ensimage se fait à l'huile d'olive ou à l'oléine et les fils sont à un numéro très gros, ceux de trame sont floches, c'est-à-dire avec très peu de torsion.

Tissage. Le tissage se fait presque toujours croisé, rarement lisse, à l'aide de métiers à tisser, semblables aux métiers à draperie, soit qu'ils marchent mécaniquement, soit qu'ils fonctionnent par le bras de l'ouvrier; ils n'en diffèrent que par la largeur du tissage, qui atteint jusqu'à 3m,50.

Apprêt, dégraissage et foulage. Le dégraissage se fait à la terre, et comme le foulage, dans des foulons d'une forme spéciale. Tout le monde connaît le foulage parfait, mais lent, obtenu autrefois pour les tissus moelleux, à l'aide du foulon à percussion (ou à chute). Le même genre de travail est obtenu aujourd'hui par le moyen de bielles, réunissant chaque maillet à un arbre coudé mis en rotation par la machine motrice. Mais le travail est non seulement plus rapide, mais surtout plus parfait, grâce à la forme de la caisse, qui permet à la pièce, sous chaque coup de maillet, de se déplacer d'une faible partie et de venir d'elle-même présenter de nouvelles surfaces à l'action des maillets.

Ce genre de foulon, propriété de M. Lambert, est depuis longtemps, à l'exclusion de tout autre, employé à Orléans. Son usage s'en répand de jour en jour et il est fréquemment adopté pour les flanelles, la chapellerie et même la chamoiserie.

Garnissage. Au sortir du foulon, les pièces sont portées au garnissage (ou laineries). Ce sont les mêmes genres de garnisseuses que celles employées pour les draps. Elles n'en diffèrent que par un mouvement de va-et-vient communiqué au tambour. Ce perfectionnement, apporté il y a une vingtaine d'années, par M. Mercier, de Louviers, a pour but d'éviter les coupures que produisait, dans les pièces en travail, l'irrégularité de grosseur des chardons.

Soufrage. Le soufrage est l'opération qui suit le garnissage. Les chambres à soufrer sont de forme rectangulaire, avec une seule ouverture, la porte, et une prise d'air correspondant à la cheminée de l'usine et réglée par un registre; cette prise d'air a pour but, lorsque l'opération est terminée, d'aspirer l'acide sulfureux. Des perches disposées parallèlement reçoivent les couvertures encore mouillées sortant du garnissage. Lorsque la chambre est pleine, on allume un feu de soufre; quand il est en complète ignition, on ferme la porte hermétiquement. L'acide sulfureux qui se dégage se dissout dans l'eau que contient la couverture mouillée et exerce une action décolorante très active sur la laine qui se blanchit rapidement. (Lorsque la laine est sèche, l'action de l'acide sulfureux est presque nul.) Au bout de huit à dix heures, le soufrage est complet; on ouvre la porte et le registre du conduit communiquant à la cheminée, et quelques heures après on porte les couvertures au séchoir. Cette opération du soufrage est une des plus importantes de la fabrication des couvertures blanches, et en même temps elle nécessite de grands soins dans le choix des couleurs à employer dans la teinture des laines formant les barres. Un petit nombre de matières tinctoriales peuvent résister à l'action successive du foulage et du soufrage. Les couleurs d'aniline et les couleurs qui ne sont pas dites *grand teint* sont complètement altérées, et parmi les teintures grand teint, il n'y a que les cyanures et les indigos qui ne modifient pas leurs nuances; toutes les autres le font plus ou moins.

Epaillage. Au sortir des séchoirs, les couvertures sont portées à l'épaillage: ce travail est fait par des femmes, à l'aide de petites pinces d'acier.

On ne peut, comme pour le drap, employer l'épaillage chimique; l'emploi des acides, quelle que soit leur nature, ayant l'inconvénient de jaunir la laine.

COUVERTURES TEINTES, COUVERTURES VERTES, ROUGES. Les seules nuances que l'on donne aux couvertures sont le vert et le rouge. Aussitôt après le garnissage, ces couvertures sont portées aux teintureries, les vertes teintes au sulfate d'indigo et au bois jaune, les rouges à la cochenille. On les épaille ensuite, puis on les sèche.

Couvertures de voyage et de chevaux. La fabrication des couvertures de voyage et de chevaux, quoique peu différente de celle de lit, ne se fait pas à Orléans. Ce sont presque généralement les fabricants de tapis qui la produisent: Amboise, Tours, Beauvais, Créteil sont les seuls centres de fabrication.

Le tissu est généralement croisé, mais la chaîne est presque toujours en lin ou en coton teint en noir. Les effets de tissage sont tantôt obtenus aux métiers Jacquard, quand ils sont compliqués; tantôt au simple métier mécanique à deux ou plusieurs navettes, dans le cas de tissus rayés. L'ensemble du reste de la fabrication se fait comme nous l'avons décrit précédemment. Les laines employées sont toujours teintes en flocons ou en écheveaux, sauf exceptionnellement pour certaines couvertures dites *couverture Crottin,* qui se teignent en pièce.

Couvertures de troupe. La couverture de troupe, par son feutrage excessif, par la nature des matières premières employées, par la filature, se rapproche plutôt du drap; aussi n'est-elle produite que par les fabricants de draps de troupe. Le mode de fabrication étant à peu près identique à celui que nous avons décrit plus haut, nous ne nous y arrêterons pas.

Couvertures mi-laines et cabris. Nous terminerons par quelques mots sur le genre des

couvertures dites *mi-laines* et *cabris*, quoiqu'elles se rapprochent beaucoup plus, par leur mode de travail, de la couverture de coton que de la couverture de laine. La consommation de ces couvertures est considérable; elles sont beaucoup employées, dans les campagnes et dans les villes, par la classe ouvrière, à cause de leur bon marché incroyable. Elles sont fabriquées dans le département du Rhône, principalement à Cours, par les fabricants de couvertures de coton.—V. l'art. suivant.

La chaîne est de fil de coton ou de lin, les trames sont composées, pour les mi-laines, de déchets de laine ou parfois de déchets de coton et de laine; pour les cabris, d'un mélange de poils de chèvre et de poils de cheval ou de veau. Ces matières, extrêmement courtes, ne peuvent être cardées que par le vieux système de cardes, dit *cardes à loquettes*. On les ensime fortement à l'oléine. Une fois tissées, ces couvertures ne sont ni foulées, ni dégraissées, elles sont envoyées telles au garnissage, puis livrées immédiatement au commerce.

La nature des métiers employés, le peu de travail qu'elles exigent, expliquent le prix extrêmement modique auquel elles sont vendues.— I. P.

COUVERTURES DE COTON

On fait des couvertures de coton en Angleterre, en Belgique, en Allemagne et en France où cette fabrication se concentre surtout à Cours (Rhône) et à Lannoy (Nord) et forment deux industries très différentes. A Cours, se sont des tissus très simples comme nous verrons plus loin, tandis qu'à Lannoy, qui fabrique surtout les courtes-pointes ou couvre-lits, ce sont des étoffes façonnées à la Jacquard, d'un effet très riche et beaucoup plus compliqué.

Fabrication de Cours. Elle se fait de temps immémorial sur métier à tisser à bras; cependant depuis quelques années, on a essayé le tissage mécanique, mais à raison de la grosseur de la trame et, par conséquent, de la grande dimension des navettes qu'il faut adapter, et aussi des nombreux temps d'arrêt, il ne donne pas de résultats aussi satisfaisants que pour les tissus plus fins. La fabrication à la main offre aux ouvriers de la campagne le moyen d'employer utilement le répit que leur laissent les travaux de culture pendant l'hiver et les mauvais temps.

A Cours, il existe de grands ateliers de tissage à bras, exploités par des fabricants, qui réunissent dans le même local tout ce qui a rapport à l'industrie des couvertures de coton, depuis la qualité la plus commune jusqu'à la plus belle. Les manutentions qui ont lieu chez les fabricants comprennent la *filature*, le *tissage*, le *blanchiment* et le *garnissage*.

Néanmoins, beaucoup d'ouvriers de la montagne, répartis sur un assez grand rayon autour de la ville, viennent s'approvisionner des matières nécessaires à la confection des couvertures, ils reçoivent les chaînes toutes ourdies ainsi que la trame en bobines. Les cotons employés sont ceux d'Amérique, des Indes et surtout du Levant, ainsi que des déchets de coton de toutes qualités qui sont expédiés des autres centres industriels.

La chaîne généralement employée est en coton n° 20 retors, à deux bouts, elle est préparée comme suit :

Le fil livré, soit en écheveaux, soit en bobines, est reporté sur d'autres bobines à plateau, qui sont placées sur le ratelier de l'ourdissoir à moulinet ou vertical. La réunion d'un certain nombre de bobines forme sur l'ourdissoir une sorte de gros boudin d'un nombre de fils proportionné aux comptes plus ou moins élevés, d'après la largeur à donner aux couvertures. La longueur des chaînes livrées au tisserand est d'environ 300 mètres qu'il monte sur l'ensouple de son métier, sans autre apprêt qu'une tension énergique et la répartition aussi exacte que possible de tous les fils sur la longueur de son rouleau.

L'armure toile est la plus employée, cependant on y fait aussi usage de l'armure batavia ou croisé pour les qualités exceptionnelles qui doivent avoir une certaine épaisseur. Le tissu est livré par le tisserand en pièces d'environ 30 couvertures, séparées l'une de l'autre par un intervalle *non tissé* de 15 à 20 centimètres; elles ne sont divisées qu'après le garnissage et comme la coupe se fait juste au milieu de l'intervalle en question; les fils non tissés forment des espèces de franges liées ensemble, qui ont encore pour effet d'empêcher le tissu de s'effiler.

L'apprêt que donne le fabricant dans des ateliers spéciaux, consiste dans le blanchiment et le garnissage.

Le blanchiment, comme pour tous les tissus de coton, se fait en pièces reliées ensemble par des coutures, elles sont soumises : 1° à un débouillissage à la vapeur en vase clos; 2° à un passage à un bain d'acide sulfurique léger à 3°; 3° à un bain d'acide chlorhydrique à 2°; 4° à un lavage à grande eau et au séchage soit sur machines à tambours chauffés à la vapeur, soit dans des étuves ou encore à l'air libre.

Quant au garnissage, il a pour objet de donner un duvet de chaque côté du tissu, au moyen de machines composées d'un ou plusieurs cylindres, garnis à leur circonférence d'aiguilles de cardes ou de chardons, sur lesquels passent les pièces avec une adhérence plus ou moins grande, proportionnée à l'espèce de trame qui a servi à tisser les couvertures, naturellement plus cette dernière est en bonne matière, plus le poil est long et fourni.

Les qualités des couvertures sont désignées par *points*; elles commencent à 3 points et vont jusqu'à 14 points. Un *point* représente une longueur de $0^m,15$, tant sur la largeur que sur la longueur, et son poids moyen est de $0^k,300$ environ.

Ainsi par exemple : le 3 points mesure $1^m,25$ de large sur $1^m,80$ de long et pèse $0^k,90$; le 4 points mesure $1^m,40$ de large sur $1^m,95$ de long et pèse $1^k,20$; le 5 points mesure $1^m,55$ de large sur $2^m,10$ de long et pèse $1^k,50$; le 6 points mesure $1^m,70$ de large sur $2^m,25$ de long et pèse $1^k,80$.

La manutention de ces couvertures de coton ne comprend ni foulage ni apprêt, qui ont lieu pour celles de laine ou de poils.

En dehors de la couverture *tout coton*, il se fabrique à Cours, principalement, des couvertures

sur chaîne coton retors, dont la trame est en laine, déchet de laine, bourre de poils d'animaux (veau, cabri), laine et coton mélangés, renaissance, et en déchets de soie ou schappe. A l'exception de quelques opérations de détail, la manutention pour tous ces genres, est à peu près la même.

Fabrication de Lannoy. La fabrication des courtes-pointes, couvre-pieds, couvre-lits de Lannoy consiste en un assez grand nombre de tissus, tels que : piqué double et simple face, tricot, brillantés, satin, damassés de couleurs, comprenant :

1° Tissus à double face dont l'une est tirée à poils; ce sont les couvertures molletonnées;

2° Tissu à double face, dont les deux sont unies et forment relief, tels que les piqués;

3° Tissu damassé blanc et couleur sans apprêt; ce sont les damassés couleur dits *tricot*.

Les préparations consistent dans : 1° le *bobinage;* 2° l'*ourdissage;* 3° le *tissage*; 4° les *apprêts*.

Le bobinage se fait sur bobinoirs mécaniques à broches horizontales. A l'ourdissage, les bobines à plateau sont montées sur le ratelier au nombre de 100; le fil est enroulé sur le moulinet ou asple vertical, sous forme d'un gros boudin, en nombre suffisant d'après la largeur à donner à l'étoffe. Les chaînes ont 300 mètres de longueur; elles sont remises au tisserand sous forme d'une grosse pelote ou en chaînons; le tisserand à la main se charge lui-même du dressage de la chaîne sur son métier.

Pour les couvertures molletonnées, la chaîne comprend 1,200 fils par rouleau ; elle est généralement pour presque tous les articles du n° 20 retors à deux bouts. Cependant, pour les courtes-pointes damassées, la chaîne est simple des n^{os} 10 à 12. Dans les couvertures molletonnées, on compte par points, comme à Cours, et ce sont les mêmes mesures : le point y est de 0^{m},15, tant en largeur qu'en longueur, et le poids est le même, soit 300 grammes le point.

Cette qualité se fait de 2 à 12 points, suivant les sortes, avec les mesures utilisées à Cours.

Quant aux couvre-pieds piqués, les dimensions varient de 1^{m},50 à 3^{m},20 en largeur sur une longueur de 1^{m},70 à 2,10. Pour ces belles qualités, il n'est jamais fait mention de poids, puisque c'est surtout la richesse et la beauté du dessin qui en font le mérite. Après l'ourdissage, il n'y a pas d'autre apprêt que le montage sur ensouple du métier à tisser.

Cependant les chaînes destinées à faire le piqué sont légèrement collées à l'amidon, afin de leur donner plus de résistance et plus de douceur pour passer dans les lisses des métiers Jacquard.

Le tissage se fait sur *métier mécanique* pour le genre tricot; quant aux tissus piqués, il ne se fait que sur métiers à bras munis d'une ou de plusieurs mécaniques Jacquard, à raison des dessins très compliqués que comportent ces tissus. Cependant, quelques dessins piqués, les plus simples se tissent aussi sur métiers mécaniques.

Les pièces se composent de 25 couvertures tissées l'une au bout de l'autre, séparées par une partie non tissée.

Il y a à Lannoy de grands ateliers ayant jusqu'à 150 métiers à bras; mais aussi, beaucoup de tisserands de la campagne ayant leurs métiers à eux, viennent chez le fabricant prendre les chaînes et la trame nécessaires et y rapportent leur travail.

Les apprêts que subissent les courtes-pointes blanches sont les mêmes qu'à Cours, sauf que les pièces sont soumises isolément à : 1° un débouillissage en vase clos, à la vapeur; 2° un bain d'acide sulfurique à 3°; 3° un bain d'acide chlorhydrique à 2°; 4° un bain de savon; 5° lavage à grande eau; 6° léger passage au bleu; 7° séchage à l'étuve ou sur tambours chauffés à la vapeur, ou de préférence à l'air libre; 8° enfin emballage par paquets de 2 couvertures.

En ce qui concerne les courtes-pointes *tricot* tissées en couleur sur chaînes blanchies préalablement, il n'y a pas d'apprêt, les pièces étant livrées à la consommation telles qu'elles sortent des mains du tisserand. — s.

COUVERTURIER, IÈRE. *T. de mét.* Celui, celle qui fabrique ou teint des couvertures.

***COUVEUSE ARTIFICIELLE.** Cet appareil, destiné à l'incubation artificielle, fournit les moyens de multiplier l'un des produits les plus importants de nos campagnes. En effet, les poules abandonnent souvent leurs œufs, ou les écrasent ou tuent même leurs petits dès qu'ils sont nés; en outre, le temps pendant lequel la poule couve et élève ses petits est complètement perdu pour la ponte. Enfin, la couveuse permet de tirer profit des œufs de perdrix, de caille ou autres que l'on trouve dans les sillons au moment de la moisson.

— L'idée de l'incubation artificielle remonte aux Egyptiens, qui depuis des siècles emploient des fours spéciaux dans lesquels ils font éclore les œufs. Les Chinois aussi emploient depuis longtemps un procédé analogue. De notre temps, et en France, c'est Réaumur qui le premier a fait des essais remarquables. Après lui, Bonnemain et Cautelo ont fait des recherches dans la même voie.

***COUVRE-JOINT.** *T. de constr.* Ciment avec lequel on remplit les joints de dallage. || Baguette étroite que l'on cloue sur les jointures des planches.

***COUVRE-LIT.** *T. d'ameubl.* Sorte de dessus de lit qui se fait généralement en guipure.

***COUVRE-NUQUE.** *T. d'éq. milit.* Partie du casque ou du shako qui couvre la nuque.

COUVRE-PIED. *T. d'ameubl.* Sorte de couvre-lit en tissu ordinairement piqué. — V. Couverture, § *Couvertures de coton.*

COUVREUR. *T. de mét.* Ouvrier chargé d'exécuter la couverture des édifices. Lorsque les couvreurs ont à poser des tuiles ou des ardoises, ils montent soit sur le voligeage ou le lattis, qui leur sert d'escalier, soit sur des échelles garnies d'un rouleau de natte ou de paille, attachées à la latte et posées à plat sur la couverture. Ils marchent sur les barreaux de l'échelle et sont ainsi moins sujets à glisser ou à casser les ardoises ou les tuiles par le poids de leur corps. La couverture en ardoises des flèches de clochers

présente plus de difficultés. Le couvreur, dans ce cas, se sert d'une grosse corde nouée dont les nœuds sont espacés de 2 à 3 décimètres; il attache cette corde par un bout à une grosse pièce de bois de la charpente, fait passer l'autre bout en dehors, puis se place lui-même et se soutient sur les nœuds de cette corde. Pour cela, il attache à chacune de ses jambes un étrier de cuir composé de deux jambières, retenues par des jarretières. Ces jambières se réunissent à un crochet de fer qui s'accroche aux nœuds de la corde; puis, à celle-ci on attache une sellette sur laquelle le couvreur s'assied. Transportant alors tantôt au nœud supérieur le crochet des jambières, tantôt au nœud inférieur le crochet qui supporte la sellette, cet ouvrier s'élève ou s'abaisse à volonté.

***COYAU.** *T. de charp.* Petit chevron qui vient en prolongement du véritable chevron jusqu'à la paroi extérieure du mur. || *T. techn.* Pièce de bois fixée sur la roue d'un moulin à eau pour soutenir les aubes. On dit aussi *coyer*.

***COYOT.** *T. d'impr.* Sorte d'élargisseur qui se place sur les machines où le tissu passe au large à l'état mouillé. Cet élargisseur se compose d'un petit bâti, sur lequel est adapté l'ensemble de l'appareil de deux cônes cannelés et placés de façon à faire entre eux un angle d'environ 150°. Chaque cône fait avec le tissu un angle de 15° environ, les cannelures sont perpendiculaires à l'axe des cônes : au milieu est une pièce qui relie les deux cônes, placés de façon à ce que le sommet soit à la sortie de la pièce sur l'élargisseur. On a donné à cet appareil le nom de son inventeur, qui l'appliqua en Normandie dès 1830.

***COYPEL** (Noel), fils de Guyon Couespel (sic), marchand, né à Paris, le 25 décembre 1628, commença très jeune l'étude de la peinture, à Orléans, chez un élève de S. Vouet, nommé Poncet, qu'il quitta à l'âge de quatorze ans, pour revenir à Paris, dans l'atelier de Quillerier. A dix-huit ans, en 1646, il travailla aux décors de l'opéra d'*Orphée;* puis, sous les ordres de Charles Errard, aux peintures qu'on exécutait au Louvre. Lors du mariage du roi, en 1659, il exécuta le plafond de l'appartement de la reine et d'autres travaux aux Tuileries, ainsi qu'à Fontainebleau.

Reçu à l'Académie le 31 mars 1663, sur un tableau représentant *Hercule se reposant de ses travaux,* qu'il changea plus tard contre la *Mort d'Abel* (musée du Louvre), il y fut nommé adjoint à professeur en 1664 et professeur la même année. Nommé directeur de l'Académie de France à Rome, en remplacement d'Errard, qui en fut le premier directeur, il y séjourna trois ans, à partir de 1672. A son retour, il fut nommé peintre ordinaire des bâtiments du roi.

Ayant perdu sa femme, mère d'Antoine Coypel, en 1682, il se remaria en 1689, avec Anne-Françoise Perrin, dont il eut douze enfants, parmi lesquels Noël-Nicolas seul s'occupa de peinture.

Nommé adjoint à recteur de l'Académie, le 2 juillet 1689, recteur le 1er juillet 1690, il fut directeur du 13 août 1695 au 1er avril 1699, et mourut au Louvre le 24 décembre 1707.

Les travaux de décoration qu'il exécuta dans les résidences royales, dès sa jeunesse, sous la conduite de Charles Errard, semblent avoir exercé une influence considérable sur la carrière de Noël Coypel, qui se montra surtout un décorateur éminent dans les cartons qu'il exécuta pour la manufacture des Gobelins.

En agrandissant la composition de Raphaël, gravée par Marc-Antoine et représentant le *Mariage d'Alexandre et de Campapse,* dont il habilla à la mode du XVIIe siècle les personnages absolument nus, il fit le carton de l'une des plus belles tapisseries du temps de Louis XIV. Ayant eu aussi à redessiner deux tapisseries flamandes du XVIe siècle, le *Triomphe de Bacchus* et le *Triomphe de Vénus,* qui appartiennent au garde-meuble, afin de les faire exécuter de nouveau dans les ateliers de la manufacture, il compléta la tenture par d'autres compositions qui figurent des triomphes où, mettant à profit les études sur les peintures antiques qu'il avait dû faire à Rome, il combina d'une façon intime les personnages et l'architecture, de façon à produire des œuvres essentiellement décoratives et parfaitement originales.

En même temps qu'il se livrait à ces travaux, Noël Coypel peignait, pour le cabinet du Conseil, à Versailles, le *Solon,* le *Ptolémée Philadelphe* et le *Trajan,* dont les esquisses appartiennent au musée du Louvre. Il entreprit enfin, à l'âge de soixante-dix-sept ans, l'*Assomption de la Vierge* de la chapelle des Invalides, qui fut son dernier ouvrage.

***COYPEL** (Antoine), fils de Noël Coypel et de sa première femme, Magdeleine Hérault, né à Paris, le 12 avril 1661.

Doué, comme son père, d'un goût précoce pour les arts, il put assez profiter, malgré son jeune âge, du séjour de trois années qu'il fit à Rome, à partir de 1672, pour y remporter le prix de l'Académie de Saint-Luc.

Après son retour en France, il obtint, en 1676, un second prix à l'Académie. A dix-huit ans, il peignait deux tableaux pour une église de Versailles, et à dix-neuf ans, une *Assomption* pour le Mai que la corporation des orfèvres de Paris offrait chaque année à l'église de Notre-Dame.

Déjà premier peintre de Monsieur, frère du roi, il fut reçu à l'Académie à l'âge de vingt ans, le 25 octobre 1681, sur un tableau représentant *Le Roy se reposant sur le sein de la Gloire,* et nommé adjoint à professeur trois ans après, le 2 décembre 1684.

A ces titres, il joignait celui de peintre ordinaire du roi, lorsqu'il épousa, en février 1689, Marie-Jeanne Bidault, dont il eut trois fils, dont un, Charles-Antoine, fut peintre comme son aïeul et son père.

Professeur en 1692, logé au Louvre en 1697; adjoint à recteur le 31 décembre 1707, directeur des tableaux et des dessins de la couronne en 1710, après l'achèvement des peintures de la voûte de la chapelle de Versailles, et de l'Académie en 1714; recteur de celle-ci et premier peintre du roi en 1716, il reçut, en 1717, des lettres de noblesse avec le titre d'écuyer, à l'instigation du

Régent, qui le récompensait ainsi des peintures empruntées à l'*Eneïde*, dont il décorait la galerie du Palais-Royal. Antoine Coypel mourut dans son appartement du Louvre, le 8 janvier 1722, survivant à peine de six mois à sa femme, qui était décédée au mois d'août précédent.

Les compositions d'Antoine Coypel, d'une belle ordonnance et d'un dessin quelque peu maniéré sous prétexte de noblesse, généralement gâtées par une couleur qui tourne au roux, possédaient cependant des qualités décoratives éminentes, et plusieurs d'entre elles ont servi de modèles pour les tapisseries des Gobelins. L'*Iliade* et une tenture de l'*Ancien Testament* y furent exécutées au commencement du XVIII^e^ siècle.

Antoine Coypel avait, en outre, dessiné les médailles du règne de Louis XIV, dont l'Académie des inscriptions était chargée. Son portrait par lui-même fut exposé dans les galeries de Versailles.

* **COYPEL** (NOEL-NICOLAS), fils de Noël COYPEL et de sa seconde femme Anne-Françoise Perrin, né à Paris, le 18 novembre 1690.

Elève de son père, qu'il perdit à l'âge de quinze ans, et de son frère Antoine, plus âgé que lui de trente-un ans, il fut reçu de l'Académie le 29 novembre 1720, sur un tableau représentant *Neptune enlevant la nymphe Amymone*, et prit part, en 1727, à un concours institué parmi les membres de l'Académie, avec un *Triomphe d'Amphitrite*, qui, malgré le jugement du public, n'obtint pas le prix, partagé entre Lemoine et F. de Troy, bien qu'une récompense lui ait été accordée. Il a gravé à l'eau forte cette composition, ainsi que plusieurs de ses tableaux.

Adjoint à professeur le 27 octobre 1731, il fut nommé professeur le 13 décembre 1733, et mourut marié, mais sans enfants, le 14 décembre 1734, dans sa maison du cloître Saint-Germain-l'Auxerrois.

Son œuvre peu important, qui se compose de tableaux d'histoire, de portraits et de pastels, n'a exercé aucune influence sur les arts décoratifs de son temps.

* **COYPEL** (CHARLES-ANTOINE), fils d'Antoine COYPEL, né à Paris, en 1694.

Il fut élève de son père et gravit, comme les peintres de sa famille qui l'avaient précédé, tous les grades de l'Académie, où il entra dès l'âge de vingt-un ans. Il fut reçu, en effet, le 31 août 1715, sur un tableau qui représentait *Médée s'enlevant dans les airs après le meurtre de ses fils*, tableau qu'il changea plus tard contre le *Sacrifice d'Abraham* et son propre portrait, que grava J.-B. Massé pour son morceau de réception. Adjoint à professeur le 26 octobre 1720, garde des tableaux et des dessins du roi, en survivance de son père, en 1722; professeur le 10 juin 1733, adjoint à recteur et recteur le même jour, 26 mars 1746, il fut nommé directeur le 23 juin 1747, fonctions qu'il garda jusqu'à sa mort, et peintre du roi la même année, alors qu'il était déjà premier peintre du duc d'Orléans, fils du Régent. Il était, de plus, censeur royal, pour les livres traitant des arts, lorsqu'il mourut de la petite vérole, dans les galeries du Louvre, étant garçon, le 14 juin 1752.

Prosateur, poète et auteur dramatique, Charles-Antoine Coypel composa des discours académiques très remarquables, des contes qui sont oubliés et des ballets dont le plus connu, *les Folies de Cardenio*, où le roi dansa plusieurs entrées, fut représenté, en 1720, sur le théâtre des Tuileries. Cette pièce lui valut les railleries des hommes d'esprit qui ayant imaginé *le Régiment de la calotte*, lui en envoyèrent le brevet rimé, et qui, apprenant qu'Antoine Coypel s'en était plaint au Régent, couvrirent de brocards le père et le fils.

Si Charles Coypel, suivant les traditions de sa famille, commença par traiter les sujets historiques, il les abandonna peu à peu et c'est à des œuvres de moins haute portée qu'il doit aujourd'hui sa réputation. Sans parler de ses portraits et des travestissements qu'il fit subir à l'antique allégorie, en la revêtant de costumes absolument modernes, il est surtout connu par son *Histoire de Don Quichotte*, qu'il commença à peindre en 1715 qu'il a gravée à l'eau forte en 25 planches, et qui fut exécutée en tapisserie aux Gobelins, à partir de 1727. Mais l'on peut dire que le succès de la tenture de *Don Quichotte* est surtout dû à ses importants « alentours » qui, composés par un artiste inconnu pour la première série, furent successivement modifiés par les différents peintres d'ornement, Lemaire, Tissier et Valade, pour les différentes suites que l'on en exécuta pendant le cours du XVIII^e^ siècle. — A. D.

* **COYZEVOX** (ANTOINE), fils d'un menuisier de Lyon, naquit dans cette ville, le 29 septembre 1640. Le docteur Fermelhuis, qui prononça son éloge en 1720, nous apprend que Pierre Coyzevox, le père d'Antoine, était originaire de Madrid, tandis que sa mère Isabeau Morel était lyonnaise. Certains biographes appuient cette origine sur la consonnance du nom et son orthographe peu commune dans notre langue. Des preuves de cet ordre seraient spécieuses, car c'est Antoine Coysevox qui paraît avoir modifié l'orthographe de son nom. Pierre, le menuisier lyonnais, signait *Quoizeveau*; en 1666, le statuaire écrit *Quoizevaux*. En 1679, le buste de Le Brun est signé *Coyzevox*. A dater de cette époque, le nom du maître ne varie plus.

Nous savons peu de chose sur l'enfance d'Antoine. Toutefois, il est permis de penser que son père fut son premier maître. Au XVII^e^ siècle, il n'était pas rare de rencontrer des marbriers sculpteurs, et des menuisiers ornemanistes. D'ailleurs, Pierre Coyzevox n'était pas le seul artisan qui fût en mesure de seconder la vocation d'Antoine. Pierre avait pour émule un artiste industriel, menuisier comme lui, nommé *Coustou*. L'un des fils de ce Coustou, plus âgé qu'Antoine Coyzevox, demanda la main de sa sœur aînée Claudine. Coysevox lui doit peut-être quelques leçons lorsqu'il habitait encore sa ville natale. Promptement supérieur aux ornemanistes qui l'entouraient, se sentant poussé vers le grand art, Antoine Coyzevox quitta Lyon et vint à Paris.

Il avait environ dix-sept ans. Il entra dans l'atelier de Lerambert, élève de Vouet et de Sarazin, sculpteur du roi, garde des marbres de Sa Majesté, et garde du magasin des antiques. Aucune trace ne subsiste des travaux que dut exécuter Coyzevox pendant les dix années qu'il passa près de Lerambert, dont, en 1666, il épousa la nièce, Marguerite Quillerier, qui mourut moins d'un an après.

Après avoir fait quelques travaux décoratifs pour le Louvre, il s'exila de France à l'appel du cardinal François Egon de Furstenberg, évêque de Strasbourg, qui faisait élever à Saverne, au pied des Vosges, un palais somptueux.

Coyzevox avait employé quatre années à la décoration du palais de Saverne. Il revint à Paris en 1671. Une grande réputation l'y avait précédé. Son maître Lerambert était mort, mais Le Brun lui restait; Le Brun, l'ami de Colbert et de Louis XIV. Coyzevox ne tarda pas à modeler le buste de Le Brun. Cette attention délicate rendit plus étroite l'intimité des deux maîtres. D'autre part, la franchise de Coyzevox, la distinction de ses manières, un caractère égal et de grande douceur lui conciliait naturellement l'estime ou l'affection de ses pairs. Miel assure que le roi lui-même honora le sculpteur de sa bienveillance. L'Académie ne pouvait exiger davantage de Coyzevox. Il y entra le 11 avril 1676, et alla se fixer à Lyon. Il y avait déjà onze ans que Coyzevox était veuf. Il se lassa d'être seul et vers les derniers mois de 1677 il demanda la main d'une jeune fille nommée Claude Bourdic et revint à Paris, où Le Brun lui fit obtenir un logement aux Gobelins. En même temps Coyzevox était de la part de Colbert l'objet d'une attention distinguée. Les travaux considérables qui lui furent confiés à Versailles, en cette même année 1677, attestent mieux que des discours l'estime du premier ministre pour le sculpteur. De 1677 à 1685, Coyzevox passa de longs mois à Versailles. Il y avait installé ses ateliers et, en outre, chaque fois que l'exigeait Mansard, le sculpteur gravissait l'échafaud dressé devant les façades et là, d'une main vaillante, il taillait la pierre vive. C'est pendant cette période que furent exécutés les trophées de métal et les niches du grand escalier, la cheminée du salon du Roi, les sculptures de la grande galerie aujourd'hui appelée la galerie des Glaces, celles des salons qui la terminent, les ornements de la porte du cabinet des curiosités, la figure d'Apollon dominant la façade sur le parterre d'eau, les masques de la Colonnade, la décoration des quatre pavillons de l'avant-cour, les groupes placés à l'entrée du château, les vases du pourtour de la pièce d'eau du dragon, d'autres vases, des masques, des coquilles, deux groupes pour le petit parc et enfin le modèle du *Neptune* destiné aux jardins de Marly.

Le 11 avril 1676, Coyzevox, reçu académicien, s'était proposé d'exécuter en marbre le buste de Le Brun déjà modelé. L'Académie ayant agréé son offre, il tint parole le 28 janvier 1679. Il fit ensuite les bustes de Richelieu, de Bossuet, de Mazarin, de Mignard. Coyzevox a été l'un des historiens du grand siècle dans le marbre et le bronze. Il nous a laissé ces admirables effigies : Louis XIV, le grand Dauphin, père du duc de Bourgogne, Marie-Thérèse d'Autriche, la duchesse de Bourgogne, Turenne, Villars, Vauban, le maréchal de Brissac, Arnaud d'Andilly, Boileau, le président du Harlay, les chanceliers Boucherat et Le Tellier, Charles-Maurice Le Tellier, archevêque de Reims, les cardinaux de Bouillon, de Noailles et de Polignac, Robert de Cotte, Le Nostre, Mansard, Girardon, Gérard Edelinck, Gérard Andran. Beaucoup de ces ouvrages ne sont pas signés. Il sculpta également le buste de Condé.

Coyzevoz a laissé de nombreuses sculptures à Versailles, à Trianon, aux Invalides. Il a interprété d'après l'antique : *Castor et Pollux*, la *Vénus de Médicis*, la *Nymphe à la coquille*, la *Vénus pudique*, des bustes d'empereurs, de capitaines, d'orateurs, de philosophes. En 1689, il fit le monument de Louis XIV à l'Hôtel de Ville de Paris. Le bronze de Coyzevox est le seul vestige qui subsiste encore de l'Hôtel de Ville de 1689. Investi par l'Académie de la charge de professeur en 1678, Coyzevox accepta, en 1690, le titre d'adjoint à recteur.

A Versailles, Coyzevox sculpta Louis XIV à cheval pour le salon de la guerre, la grande galerie, le salon d'Apollon, les statues de la *Justice* et de la *Force* dans la cour de marbre, le groupe de l'*Abondance* dans la cour des ministres, la *France triomphante*, au bosquet de l'Arc de triomphe, la Fontaine de la gloire, des génies, des amours, des nymphes à la colonnade, le vase du grand perron, la *Dordogne* et la *Garonne* au parterre d'eau, des pilastres et boiseries à Trianon; à la cascade de Marly, huit groupes d'enfants et un vase; au tapis vert, le *Neptune irrité* et le *Triomphe d'Amphitrite*; à la demi-lune *Flore au repos*.

Coyzevox a exécuté une statue de Fleuve, placée à Sceaux. La statue de Condé pour Chantilly, une cheminée pour l'hôtel d'Antecourt à Paris, les statues de saint Charlemagne, saint Athanase, saint Grégoire de Naziance et un bas-relief de l'*Ange au casque* qui sont aux Invalides, le monument de Mazarin, le mausolée de Colbert, le monument de Le Brun, le tombeau du comte de Furstenberg.

En 1694, il fut désigné en même temps que Leclerc, Tuby et Verdier pour « conduire l'Académie des Gobelins, poser le modèle et instruire les étudiants. » Quatre ans après il quitta les Gobelins pour le Louvre où un logement lui avait été accordé. Le monument de Louis XIV, commandé par les Etats de Bretagne en 1685, fut mis en place à Nantes en 1715. Coyzevox se distingua aussi comme animalier de par les deux groupes placés autrefois à Marly, maintenant de chaque côté de la grande grille des Tuileries, sur la place de la Concorde et qui représentent *Mercure* et la *Renommée*.

Quelques jours avant la pose de la *Renommée* (24 juillet 1702) à Marly, l'Académie élut Coyzevox directeur à la place de Charles de la Fosse.

Il exécuta ensuite les bustes de Marie Serre, mère de Rigaud, du duc d'Antin; le tombeau de Henri de Lorraine, comte d'Harcourt; le monu-

ment de Nicolas de Bautru, marquis de Vaubrun, pour la chapelle de Serrant ; le monument de Mansard à Paris ; pour Marly, la *Seine* et la *Marne*, une *Hamadryade et son enfant*, *Flore et l'Amour*, un *Berger jouant de la flûte*, et pour Saint-Cloud le *Rhône*, et la *Duchesse de Bourgogne en chasseresse*. En 1716, l'Académie le nomma chancelier.

Les dernières œuvres de Coyzevox sont : le buste de Fermelhuis, le buste de la duchesse de Bourgogne, la statue de *Louis XIV accomplissant le vœu de Louis XIII*, le *Silence* et la *Modestie* pour la chapelle de Versailles et enfin le buste de Louis XV.

Cet homme illustre s'éteignit le 10 octobre 1720 et fut inhumé à Saint-Germain-l'Auxerrois.

Toujours impatient d'imprimer le sceau de son individualité, il emprunte à l'antique des modèles qu'il traduit avec une liberté toute originale. Où d'autres n'ont laissé que des travaux décoratifs, Coyzevox a laissé des œuvres. Son culte pour la vérité, son étude persévérante de la nature, le respect de son art qui contient sa main dans une interprétation pleine de convenance et de goût ; toutes ces vertus de l'artiste, le maître paraît les avoir pratiquées sans effort et à un degré supérieur. On a cru l'honorer en l'appelant le Van Dyck de la sculpture. On avait ainsi appelé Puget, le Rubens de la statuaire. De telles qualifications sont rarement exactes. Il est plus vrai de dire simplement de Coyzevox : c'est un sculpteur.

Ses élèves se sont appelés Nicolas et Guillaume Coustou, Frémin, qui reçut aussi les leçons de Girardon, Jean Louis Lemoyne, père de Jean-Baptiste, sculpteur comme lui, Jean Thierry, le statuaire du roi d'Espagne, Coudray mort à Dresde, au service du roi de Prusse. En France, comme à l'étranger, les élèves de Coyzevox ont tenu d'une main vaillante le drapeau de la sculpture française.

CRACHEMENT. *T. de mach.* Fuite de peu d'importance, à jet intermittent, par les soupapes de sûreté des cylindres, par un joint quelconque. Lorsque l'on fait un joint au minium, on dit que le minium *crache*, lorsqu'il s'épand, qu'il bave, en dehors des lèvres du joint, entre lesquelles il est comprimé. || *T. d'arm.* Crachement d'une capsule ; crachement des gaz par la lumière ou par la culasse d'une pièce.

CRAIE. *T. de minér.* Carbonate de *chaux*, très répandu dans la nature ; sa cassure est terreuse et sa densité = 2,31. La craie se rencontre en bancs épais formant de hautes collines, quelquefois escarpées ; on l'exploite le plus souvent par vastes galeries, et c'est par la lévigation qu'on obtient la finesse voulue. Moulée en petits pains cylindriques, la craie est livrée au commerce sous les noms de *blanc d'Espagne*, *blanc de Meudon*, etc., et sert à une foule d'usages industriels ; on l'utilise comme crayon, pour le nettoyage de certains ustensiles domestiques, et elle fournit le blanc employé dans la peinture en détrempe. La craie est très abondante, en France, dans la Champagne, à Meudon, aux environs de Rouen, etc.

***CRAMAILLIER.** *T. techn.* Sorte de rateau denté qui entre dans le mécanisme d'une montre de répétition.

***CRAMINAGE.** *T. de tann.* Opération qui a pour objet de faire disparaître le raccornissement et la raideur que contractent les peaux conservées par la dessiccation. Elle se pratique pendant le temps que les peaux sèches sont mises dans l'eau, afin de les ramener au degré de souplesse convenable. Par cette opération, elles sont étendues, nettoyées et assouplies convenablement. Le craminage se fait à l'aide du chevalet de rivière, au moyen d'un couteau rond, c'est-à-dire sans tranchant ; il n'est réellement utile que pour les peaux sèches ; on peut le supprimer pour les peaux fraîches.

CRAMOISI. *T. de teint.* On donne ce nom à une couleur rouge éclatante, d'une teinte particulière. Cette couleur se produit principalement sur la laine et sur la soie. On l'obtient au moyen de la cochenille et d'une préparation à base d'alun. Si l'on emploie l'étain, le rouge obtenu est plus jaune et s'appelle alors *écarlate*.

CRAMPON. 1° *T. de constr.* Petite pièce de métal reliée aux deux bouts et qui sert à lier ou à guider. Les crampons sont de trois sortes : *à pointe*, *à pattes* et *à scellement*. Les crampons à pattes et à pointes sont des pièces de quincaillerie, qui servent ordinairement de gâches et de conduits pour les *serrures*, les *verrous*, les *targettes*. On les appelle aussi *cramponnets* ou *picolets*. Les crampons à scellement sont employés pour unir les pierres de taille avec plus de force dans les constructions qui exigent une très grande solidité. Ils sont ordinairement entaillés de leur épaisseur dans la pierre et scellés au plomb, au soufre, au ciment ou au plâtre. Les anciens ont employé le bronze, au lieu de fer, pour ces sortes de crampons, parceque cet alliage est plus durable, n'étant pas sujet, comme le fer, à être détruit par la rouille. || 2° *T. d'orfèv.* Fil de fer qui sert à maintenir les pièces à souder. || 3° *T. de typog.* Petites bandes de fer ou de cuivre, creuses ou en saillie, fixées à la table de la presse pour recevoir les bandes saillantes ou creuses qui leur correspondent et qui servent aussi à faire glisser le coffre ; on dit aussi *coulisseau*. || 4° *T. de chem. de fer.* Tige de fer prismatique, destinée à maintenir les patins des rails Vignole intimement appliqués sur les traverses formant l'assiette de la voie. Le crampon est muni d'une tête recourbée, saillante et solide, qui serre le patin et qui fait, avec le corps du crampon, un angle obtus, de manière que la tige puisse être enfoncée verticalement dans la traverse, malgré l'inclinaison du patin sur l'horizontale. A l'autre extrémité, le crampon se termine par un biseau, que l'on doit toujours enfoncer transversalement aux fibres du bois, pour ne pas fendre la traverse. Les crampons ne sont guère en usage que lorsque les traverses sont en bois dur ; dans les bois tendres, ils seraient exposés à prendre du jeu, et on les remplace par des tire-fonds. || 5° *Art hérald.* Meuble qui a la forme du Z, terminé en pointes, et qui rappelle l'instrument que les gens de guerre

plantaient dans la muraille pour y attacher les échelles lorsqu'ils montaient à l'assaut.

CRAN. *T. de typogr.* Petite entaille demi-circulaire, pratiquée au pied de la lettre dans la force du corps, pour permettre au compositeur de voir le sens dans lequel il doit la tourner. || *T. d'arm.* Dans une arme de précision, point d'arrêt de la hausse de mire.

***CRANER.** *T. techn.* Faire des entailles au bas des dents d'une roue.

***CRANOIR.** *T. techn.* Sorte de lime qui sert à craner les roues dentées.

***CRAPAUD.** 1° *T. de minér.* Défaut qui se trouve quelquefois dans les diamants et les autres pierres précieuses, ce qui en diminue la valeur. || 2° Pierre que l'on rencontre dans un bloc de marbre. || 3° *T. de tiss.* Défaut de fabrication occasionné par des groupures.

CRAPAUDINE. 1° *T. de minér.* Dent fossile d'animal aquatique, qui est utilisée par les joailliers. || 2° Minéral composé de silice, de chaux, d'alumine et d'oxyde de fer. || 3° *T. techn.* Pièce de fer ou de cuivre qui reçoit le gond d'une porte, et en général, boîte de métal dans laquelle entre le pivot d'un axe vertical. || 4° Feuille de tôle percée de plusieurs trous, que l'on place à l'entrée d'un tuyau de décharge dans un bassin, pour empêcher les ordures ou les animaux d'y pénétrer. || 5° Sorte de soupape établie au fond d'un bassin, d'un réservoir ou d'une baignoire pour en opérer la vidange. || 6° Petite pièce en fer galvanisé à jour placée dans les gouttières et les chéneaux, au-dessus du départ d'un tuyau de descente pour empêcher les ordures d'engorger la conduite.

***CRAPELET** (Charles), imprimeur, né en 1762, mort à Paris en 1809. Ses belles éditions, recherchées par les bibliophiles, lui ont conquis une place à côté des Estienne et des Alde. On lui doit les *Oiseaux dorés*, d'Audricourt (2 vol. in-fol. 1802), dont il a tiré 13 exemplaires en lettres d'or. Son fils, Georges-Adrien, mort en 1842, a publié également de belles éditions.

***CRAQUELAGE.** 1° *T. de céram.* Opération qui consiste à craqueler les pièces de *céramique*. — V. ce mot. || Procédé de glaçure qui laisse voir dans l'émail des fendillements se croisant en tous sens. || 2° *T. de verr. Verre craquelé.* Verre qui semble couvert de glace, comme il s'en dépose, par les grands froids, sur les vitres des habitations.

CRAQUELURE. *T. techn.* Fendillement du vernis, des couleurs, de la couverte des pâtes céramiques.

CRASSE. *T. de métall.* Scories du métal en fusion. || Matières terreuses que laissent les combustibles sur les grilles du foyer.

CRAVACHE. Sorte de fouet, en forme de badine, dont le diamètre va en décroissant, de la pomme, qui est plombée, à sifflet ou autrement, jusqu'à l'autre bout, qui est garni d'une mèche ; sa fabrication se prête à toutes les fantaisies et la pomme peut avoir une forme artistique ; mais la condition essentielle d'une bonne cravache est d'être flexible. On distingue l'âme et l'enveloppe : pour l'*âme*, on emploie de préférence le rotin, l'acier, la baleine et le cuir ; pour l'*enveloppe*, le coton, le fil, le boyau ou la soie. L'âme est travaillée à la *main* ; le tressage de l'enveloppe s'exécute *mécaniquement*.

CRAVATE. *T. de cost.* Morceau d'étoffe qui, dans le costume des deux sexes, entoure le cou et sert d'ornement ou de complément de toilette ; sa forme varie suivant les caprices de la mode, et la manière de croiser, d'ajuster ou de nouer les bouts, se prête à toutes sortes de combinaisons.

Historique. L'usage de la cravate ne remonte pas au-delà du XVIIe siècle. Dans les temps barbares et au moyen âge, les hommes avaient le cou nu et ne s'en portaient pas plus mal ; mais cette bonne hygiène de nos ancêtres, plus pratique que théorique, plus rationnelle que savante, devait être impuissante contre les exigences de la mode nouvelle. Et voyez combien cette mode fut tyrannique, l'homme jusque-là avait le cou libre, ce qui donnait une certaine fierté au port de tête, mais la cravate s'imposa si bien qu'au moment où la Révolution décrétait l'affranchissement de l'homme, elle lui mettait, ô ironie, le cou dans un carcan ! La cravate prit naissance en 1636. Des officiers, revenant de l'armée d'Allemagne, en avaient rapporté des spécimens empruntés à l'uniforme des *croates* ou *cravates*. « Ces soldats, dit un chroniqueur, portaient au cou un ajustement d'un tissu commun, et les officiers le même ajustement en mousseline ou étoffe de soie, lequel après avoir fait le tour du cou, revenait se nouer par devant en rosette, pour laisser les bouts tomber gracieusement sur la poitrine. » Cet ornement parut si charmant que les grands s'empressèrent de l'adopter, et l'on donna le nom de *cravate* à la petite pièce de mousseline d'où tombaient des flots de dentelles. Après la bataille de Steinkerque, les femmes mirent à la mode des tours de cou que l'on baptisa du nom de *cravates-steinkerques*.

Sous Louis XV, les vastes cravates à la chancelière eurent quelque faveur, mais elles furent remplacées par les cravates noires ou de couleur dont les bouts écourtés se nouaient en rosette. Après la paix de Hanovre, le duc de Choiseul imposa à toute son armée le col-cravate, bouclé par derrière, et qui variait de couleur selon les régiments. Ces cols-carcans adoptés par la bourgeoisie, traversèrent la Révolution et l'Empire, et nous les verrons tout à l'heure dans l'épanouissement de leurs formes. Le règne de Louis XVI amène celui de la cravate de mousseline empesée dont on variait la forme des nœuds à l'infini. C'est aussi de cette époque que date la mode des cravates de mousseline imprimée.

La Convention mit en honneur la volumineuse cravate blanche dont on retrouve le type dans tous les portraits de cette époque. Les généraux de la République portaient presque tous deux cravates superposées, celle de dessous blanche et débordant un peu la noire ajustée par dessus. Celle des muscadins affectait la forme la plus bizarre, c'était un large turban de soie qui s'élevait jusqu'à la lèvre inférieure et dans lequel le menton s'engloutissait.

Napoléon inaugura l'Empire par la cravate royale à flots de points d'Alençon. Dans le costume civil, les bouts étaient apparents, ourlés à jour et formaient une bouffette appelée *chou*.

Déjà sous la Restauration, la politique s'introduisait partout et la cravate sût jouer un rôle important. Selon la cravate, on distinguait un émigré d'un mécontent ou d'un officier en demi-solde. C'est à cette époque qu'on imagina d'emprisonner le cou, au point de l'empêcher de se

mouvoir, dans un col raide adoptant les courbes du menton et doublé de baleines amincies ; on construisit même ces instruments de supplice en marocain noir et en cuir de Russie !

Depuis 1830, la cravate a changé souvent de forme, et, bien que le col-cravate dont il vient d'être parlé ait conservé longtemps encore une certaine faveur, la cravate proprement dite a subi des fortunes diverses, selon les fantaisies de la mode ; elle offre aujourd'hui des variétés innombrables, inspirées par les fabricants et acceptées par le public, selon son goût et sa science de l'habillement.

* **CRAYÈRE.** Carrière de craie.

CRAYON. Petit morceau de minerai tendre, propre à dessiner ; se dit particulièrement d'un petit bâton de bois renfermant une baguette de mine de plomb ou d'autre matière, dont on se sert pour tracer ou pour écrire.

Historique. De temps immémorial on s'est servi de poinçons de métal pour régler le parchemin et obtenir une écriture régulière. Mais c'est seulement dans la dernière période de l'antiquité classique que les copistes commencèrent à se servir du crayon.

Soit que l'usage du crayon antique se fut perdu, soit qu'on eut de la difficulté à se le procurer, les copistes du XIe siècle se servaient généralement d'un style de fer ou pointe sèche pour la réglure des pages, ce qui ne laissait pas d'endommager la « matière subjective » de l'écriture. A partir du XIIIe siècle, on remplaça le style de fer par une tige de plomb simple et taillée en pointe. On n'obtenait pas, de la sorte, le moelleux des crayons modernes, ni les différents degrés d'intensité dans la couleur ; mais on traçait ainsi des lignes suffisamment apparentes sur le parchemin ou le papier, sans entamer les substances.

C'est alors que le crayon emprunta la forme du style antique (*stilus*). Arthur Forgeais a publié plusieurs spécimens curieux des crayons historiés en plomb du XIIIe siècle, trouvés dans la Seine, à Paris. La plupart de ces styles sont surmontés d'un écusson en forme de spatule ou de croissant, ornés de croix latines ou de fleurs de lis, et reposant quelquefois sur un nœud ajouré en forme de quatre feuilles. L'un d'eux porte cette inscription : KAROLI SCRIPTORUM.

L'érudit et paléographe Pierre-Camille Lemoine, dans sa *Diplomatique*, cite un document de 1387 réglé au moyen d'un crayon, et il fait remarquer que l'usage de régler l'écriture à l'aide d'un style de plomb et d'une règle fut abandonné vers 1421 ou 1424, ce qui est cause que l'écriture est devenue irrégulière et gauche.

Quoi qu'il en soit, dans les pays qui possèdent des gisements de carbure de fer naturel, nommé *graphite* ou *plombagine*, on ne tarda pas à découvrir la propriété que possède cette substance, de laisser sur le papier une teinte grise et luisante, et l'idée vint de l'appliquer au même usage que les stylets de plomb, qui avaient le défaut d'inciser le papier. Seulement, comme elle est très fragile, on imagina de la rendre plus solide en l'enfermant dans de petits cylindres de bois. Ainsi naquit en Angleterre ou en Allemagne, peut-être dans les deux pays à la fois, la fabrication des crayons modernes ou crayons de mine de plomb, mais on ignore à quelle époque précise. Ce qu'on peut affirmer, c'est qu'elle existait bien avant le XVIe siècle. Comme la plombagine la plus pure se trouve à Borrowdale, dans le Cumberland, c'est en Angleterre que, depuis très longtemps, on a pu faire des crayons de bonne qualité.

L'usage du crayon a eu sa renaissance au XVIe siècle, où tant d'artistes en avaient besoin pour leurs dessins, surtout les architectes.

Au commencement du XVIIe siècle, les crayons de mine de plomb étaient généralement couverts de bois. C'est, dit Tavernier, dans son *Voyage des Indes*, « de peur qu'ils ne se rompent, et à mesure que le crayon s'use on oste du bois pour le découvrir. »

Nos crayons à régler ou à prendre des notes devinrent d'un usage général à partir du XVIIIe siècle, puisque, selon le grammairien Dumarsais, les écoliers devaient avoir « des cahiers propres et réglés avec du plomb ou du crayon. » Il existait alors deux espèces de crayons, toutes deux vendues à Paris, par les petits marchands installés sur les parapets du Pont-Neuf.

Ce fut vers la fin de 1794, sur l'ordre du Comité de Salut public et sur la désignation de l'Ecole des Mines, que le chimiste français *Jacques Conté* inventa les crayons qui portent son nom et qui l'ont rendu populaire. L'Angleterre fournissait alors l'Europe de crayons fabriqués chez elle avec le graphite ou plombagine. Plus ou moins chargé de carbone, cette substance donnait un crayon plus ou moins tendre : on la faisait bouillir dans l'huile, après quoi on la sciait en petites baguettes fines qu'il n'y avait qu'à introduire dans les rainures de cylindres en bois. Le Conseil des Mines de la République, lorsque la guerre eut privé la France des crayons anglais, chargea Conté (an III) de rechercher les moyens de fabriquer des crayons artificiels. Le problème était difficile, écrit un de ses biographes, M. Paul Boiteau, et sa solution de beaucoup plus importante qu'elle ne le paraît tout d'abord. Conté, dès le 2 pluviôse de la même année, avait résolu la question et obtenu un brevet pour la fabrication des crayons qui manquaient à sa patrie. L'invention consistait à mélanger avec de l'argile parfaitement purifiée soit du carbure de fer pour obtenir des crayons faisant l'effet et jouant le rôle de plombagine, soit du noir de fumée pour obtenir des crayons noirs, soit diverses substances pour obtenir des crayons diversement colorés. Rien de plus simple en apparence ; mais il fallait découvrir les propriétés de l'argile, et surtout il fallait triompher heureusement de mille difficultés qui pouvaient empêcher la bonne préparation et la fabrication économique des crayons artificiels. En lisant les détails donnés par Conté lui-même lorsqu'il dut, en demandant un brevet, décrire ses procédés, on a un exemple de plus des obstacles qui se présentent presque partout devant l'industrie des hommes, et des ingénieux efforts que les inventeurs ont à faire pour enrichir leurs concitoyens de leurs travaux.

Ainsi furent inventés les crayons gris artificiels, les crayons noirs de toutes nuances, et les crayons bistre, les crayons rouges, les crayons bleus, etc.

Les crayons ne présentant pas par eux-mêmes assez de consistance, on les renferme dans des cylindres de bois, préparés convenablement, tels que le peuplier ou le bois blanc, quelquefois noircis au moyen de la noix de Galle et d'un sel de fer, particulièrement le nitrate. Mais comme le bois blanc a l'inconvénient de présenter des fils qui deviennent une occasion fréquente de fracture du crayon, quand on le taille, l'industrie lui a substitué certains bois des îles, entre autres le bois du genévrier virginien ou genévrier rouge, dit aussi cèdre rouge, que sa solidité et la facilité avec laquelle il se laisse tailler ont fait généralement préférer.

Pendant quelques années, la France a tiré d'Angleterre la plombagine nécessaire pour la fabrication des crayons ; vers 1835, Fischtenberg, de Paris, employa avec avantage celle des environs de Briançon. Mais cette industrie n'a pu continuer à prospérer dans notre pays, et maintenant elle lutte avec peine contre la concurrence étrangère. Les fabricants français se trouvent en effet dans les conditions les plus désavantageuses ; ils n'ont ni le bois ni la mine qu'ils sont obligés de tirer l'un d'Amérique, l'autre de Prusse et de Bohême. A part les crayons fabriqués dans l'Ariège, la France n'exporte plus

guère que les crayons de l'ancienne maison Conté, qui possède le secret d'un noir que les étrangers n'ont pu encore imiter.

Après les crayons Conté, les plus renommés sont ceux de Cacheux, de Gilbert, de Faber, de G.-J. Walthier, etc., etc. — S. B.

***CRAYON VOLTAÏQUE.** Mode de reproduction d'écritures, dessins, etc., au moyen de l'étincelle de la bobine d'induction. Ce mode de reproduction a été employé, dès 1859, par M. Martin de Brettes. Le dessin à reproduire, préalablement trempé dans une solution de cyanure jaune de potassium, était appliqué sur une plaque de cuivre communiquant avec le pôle positif d'une bobine d'induction et on promenait à un millimètre environ du papier, en suivant les traits, une pointe de platine en communication avec l'autre pôle de la bobine. Le papier était percé d'une infinité de petits trous, de telle sorte qu'on obtenait une sorte de poncis, et il suffisait de frotter par derrière le dessin ainsi troué avec de l'encre d'imprimerie pour en obtenir la reproduction sur un autre papier.

Le nom de *crayon voltaïque* a été donné plus spécialement dans ces dernières années (1879) à un appareil reposant sur le même principe que le précédent, et combiné par M. Bellet. La nouvelle disposition diffère seulement de l'ancienne, en ce que le papier, au lieu d'être trempé dans le cyanure de potassium, est imbibé tout simplement d'eau salée, et que la pointe de platine est remplacée par un crayon de mine de plomb. Ce dernier, étant peu conducteur, on peut l'appliquer directement sur le papier et il peut servir directement à tracer les caractères à reproduire. La reproduction se fait également à l'encre grasse, à l'aide d'une petite presse construite spécialement à cet effet et qui permet de tirer un grand nombre d'exemplaires.

CRÉDENCE. Si l'on ne savait que le petit meuble, auquel ce nom a été donné, vient de l'église, on en serait averti par l'étymologie même : *crédence* touche de près à *credo*, et la présence, dans le sanctuaire, à deux pas de l'autel, de cette tablette sur laquelle on place les divers objets nécessaires à la célébration de la messe, est une affirmation matérielle de la foi à l'Eucharistie : *credo*.

— La crédence remonte donc à une haute antiquité ; puisqu'il est historiquement démontré que les premiers prêtres chrétiens offraient le saint sacrifice dans les cryptes et les catacombes, il a dû exister, à proximité de l'officiant, une table, ou tablette, de pierre, de marbre ou de bois, sur laquelle on déposait, le pain, le vin, les linges, les petits vases servant aux ablutions, et autres menus objets à l'usage du célébrant. La niche des piscines a quelquefois tenu lieu de crédence ; mais, le plus souvent, celle-ci en est distincte, et sa place habituelle est le côté droit, ou de l'épitre, parceque c'est à droite que se dirige le prêtre pour recevoir du servant l'eau et le vin, avant la consécration, et là qu'il revient après la communion, pour la purification du calice.

De l'église, la crédence-meuble est passée dans la maison profane, ainsi qu'il est arrivé pour la plupart des pièces du mobilier religieux. Quand on compare les bancs, les coffres, les « chaïères » et baldaquins, les retables des chapelles, des trésors et des revestiaires — où s'étalaient les vases sacrés et les reliques — aux meubles qui garnissaient les demeures des rois, des princes et seigneurs, les dressoirs en particulier, on est frappé du nombre des emprunts que le luxe et le « confortable » ont faits à l'Eglise. La crédence, accessoire de l'autel, passa donc dans la salle à manger et devint l'auxiliaire de la table : distincte du dressoir où était disposée la vaisselle, elle reçut les liquides dont on devait faire « l'essai » avant de les servir : vin, hydromel, hypocras, etc. L'échanson faisait le mélange, ou additionnait d'eau sur la crédence, et sous l'œil même des convives.

Ainsi employée, la crédence rappelle un petit meuble fort usité chez nos grands-pères et dans les maisons modestes : nous voulons parler de la *servante*, qu'on retrouve encore au fond de nos provinces, et à laquelle reviennent bien des gens sensés. Après les splendeurs de la cour de Louis XIV et des hôtels de grands seigneurs, la *servante-crédence* avait été une protestation muette contre tout ce faste : au lieu de placer, derrière chaque convive, un

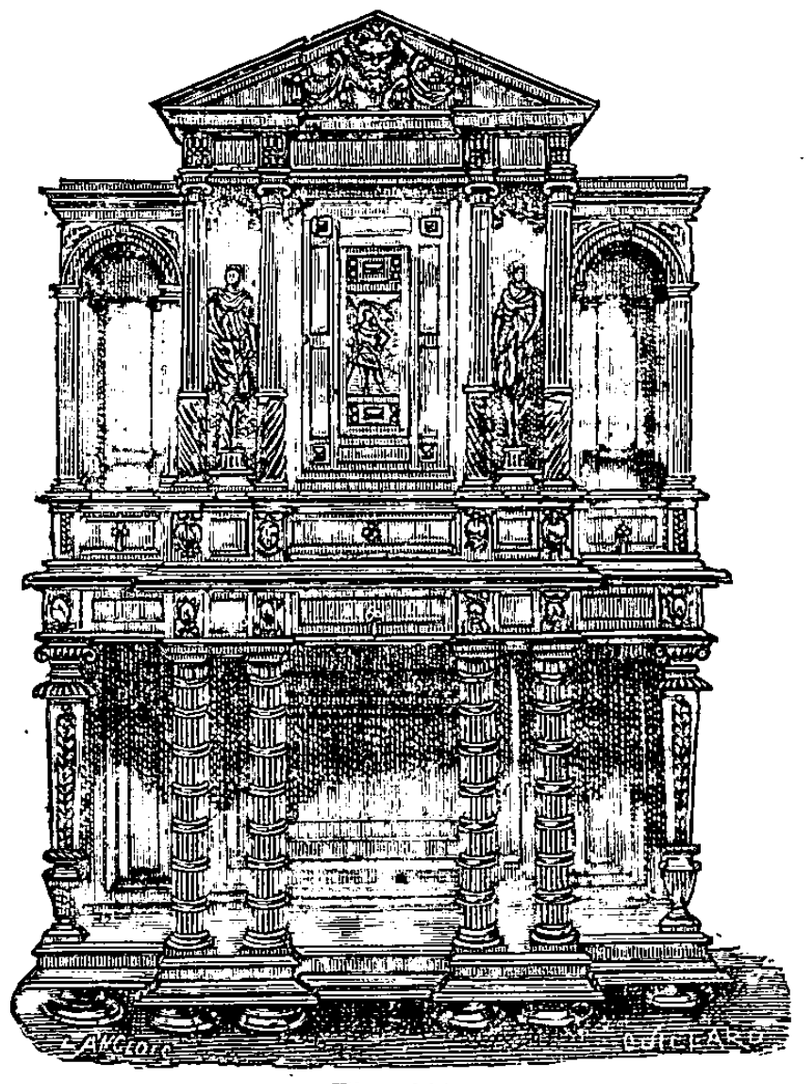


Fig. 603.

« grand coquin de laquais » épiant ses gestes et recueillant toutes ses paroles, on jugea plus simple et plus commode d'avoir un petit meuble sur lequel on pouvait prendre et déposer la vaisselle, les bouteilles et les verres ; confident discret, ce meuble put être impunément témoin des petits soupers du XVIII^e^ siècle, et, sous couleur de modestie, il favorisa plus d'une scène de débauche.

Les fortunes bourgeoises, que la Révolution et l'Empire avaient faites et qui tenaient à s'étaler, répudièrent la *servante* et ramenèrent les domestiques dans la salle à manger ; la crédence dégénérée fut donc reléguée au grenier, d'où l'on commence à la descendre pour lui rendre la place modeste, mais utile, qui lui appartient dans nos ménages modernes.

Mais, avant sa dégénérescence, la crédence avait envahi le salon et occupé, sous le nom de *console*, le soubassement des trumeaux, dont elle avait fait un charmant motif de décoration. Les crédences-consoles des XVI^e^, XVII^e^ et XVIII^e^ siècles sont extrêmement recherchées de nos jours ; l'élégance et la sveltesse de leurs formes les recommandent aux amateurs de vieux meubles ; celle que représente notre figure 603 appartient à cette catégorie ; comme les châsses du moyen âge, elle représente,

à elle seule, un petit monument de la Renaissance, dessiné et exécuté par Meynard.

C'est dans les salons parisiens du faubourg Saint-Germain où on les a replacées, dans les châteaux historiques où l'on a eu le bon goût de les conserver, qu'on retrouve aujourd'hui les crédences, garnies de vieux sèvres ou de vieux saxe, et ramenées ainsi — sauf l'usage profane — à leur destination primitive. Si l'on n'y place plus le vin et l'eau nécessaires à la célébration du Saint-Sacrifice, on y dépose, du moins, le fin Moka, le pur Pé-Ko, ou le Souchong, qui se servent après les dîners, ou aux thés de la marquise. — L. M. T.

* **CREDNÉRITE.** *T. de minér.* Minéral composé de sesquioxyde de manganèse (57.15) et d'oxyde de cuivre (42.85) ; dureté, 4.5; densité, 4.9. Cette substance d'un gris d'acier foncé, donne avec le borax un verre violet foncé, et avec le sel de phosphore un verre vert qui bleuit par le refroidissement. La crednérite se dissous dans l'acide chlorhydrique, et la solution se colore en vert.

* **CRÊMAGE.** *T. techn.* On donne ce nom au demi-blanchiment des fils de lin et de chanvre. Il s'obtient au moyen d'un lessivage au carbonate de soude, puis d'un lavage, d'un passage au chlorure de chaux, suivi d'un autre en acide et d'un lavage. Dans cette opération, l'élimination de la matière incrustante n'est pas complète et la fibre garde plus de poids et de résistance, mais elle n'a pas perdu sa nuance jaunâtre. Quelquefois même, pour donner au fil de lin crêmé une teinte jaune plus franche et pour imiter certains tissus écrus, on immerge la fibre dans de l'eau tenant en suspension de l'ocre jaune en poudre : on dit parfois alors que le fil est *ocré*.

I. **CRÉMAILLÈRE.** 1° *T. de mécan.* Tige rectiligne dentée engrenant avec une roue dentée, elle sert à transformer un mouvement circulaire continu en rectiligne continu et vice versâ: L'engrenage ainsi formé n'est qu'un cas particulier de l'engrenage cylindrique. —V. Engrenage. || 2° *T. techn.* Pièce de bois ou de métal ayant la forme de la crémaillère : crémaillère de bibliothèque. || 3° C'est aussi une tige de métal méplate, munie de crans et qui est fixée sur le bord inférieur d'un châssis à tabatière pour en régler l'ouverture. || 4° *Art milit.* Ouvrage de fortification ouvert à la gorge, composé de deux faces d'inégale longueur formant un angle saillant. La face la plus longue se nomme *grande branche*, la plus courte, *crochet*. Cet ouvrage n'est en somme qu'une modification du redan.

II. **CRÉMAILLÈRE.** L'étymologie latine du mot est manifeste : les modernes partisans de l'incinération des corps, qui désignent cette opération funèbre sous le nom de *crémation* et s'intitulent eux-mêmes *crémationistes*, sont là pour nous apprendre que le radical commun est *cremare*, brûler. Viollet-le-Duc définit la crémaillère « une tige de fer, avec crochet, pouvant être haussée ou baissée à volonté, au moyen d'un engrenage vertical, et servant à suspendre les marmites au-dessus de l'âtre des cheminées. »

— La crémaillère moderne, dont l'usage est extrêmement réduit, sauf à la campagne et dans les maisons de paysan, ne peut guère nous donner une idée de ce qu'était cet engin au moyen âge et à la Renaissance, alors que le bois était le combustible unique, et que les fourneaux n'existaient pas. Avant l'invention des *landiers*, ou grands chenets verticaux, portant des espèces de réchauds pour maintenir la chaleur des mets — landiers qui ont donné l'idée des fourneaux, — la crémaillère composait tout l'outillage de la cuisine. Aussi a-t-il fallu donner à cet ustensile indispensable divers organes : bras, crampons, crochets, engrenages, embranchements, etc., tant pour rapprocher et éloigner du feu les divers vases qu'on y suspendait, que pour utiliser toute la surface de chauffe produite par le foyer. On sait, en effet, que sous le vaste manteau des anciennes cheminées, on entassait d'énormes fagots et des troncs d'arbres tout entiers.

Dans ces conditions, la crémaillère devint une pièce importante pour l'art du ferronnier ; non seulement il en multiplia les organes et en perfectionna le mécanisme, mais encore il l'enrichit de divers ornements en haut relief, afin d'éviter les empâtements de la suie, et il en fit, comme de la plaque de cheminée, ou contre-cœur, un motif de décoration variée. Il existe encore dans les vieux châteaux, dans les anciennes abbayes et jusque dans les fermes ou métairies, des crémaillères qui sont de véritables chefs-d'œuvre de ferronnerie ; on en cite même pour lesquelles on a employé le cuivre et l'argent. Malheureusement, la plupart ont été mises au rebut et traitées comme de la vieille ferraille : l'usage du charbon de bois, puis de la houille, ayant multiplié les fourneaux, la crémaillère, devenue presque inutile, s'est extrêmement simplifiée et a perdu tous ses ornements. Elle ne justifie plus l'expression ancienne « pendre la crémaillère », qui était autrefois d'une justesse irréprochable. En effet, tant qu'elle n'était pas installée sous la haute cheminée de la cuisine, on ne pouvait que placer quelques marmites devant le foyer ; mais il était impossible de préparer les mets nombreux et variés qu'exige un festin. On attendait donc la mise en place de cet engin culinaire pour inaugurer une nouvelle maison et en faire les honneurs à ses amis. Avec le temps, on n'a plus eu sa « maison à soi », comme dit M. Vautour ; on s'est contenté d'un appartement à loyer ; on n'a plus eu de crémaillère à installer dans sa cuisine ; les réchaux et les fourneaux ont supplanté presque complètement l'antique « tige à engrenage vertical. » Cependant l'expression s'est conservée, et l'on invite encore ses amis à inaugurer un nouveau logement, sous prétexte de planter une crémaillère absente. — L. M. T.

CRÉMATION (du latin *cremare*, brûler) (1). Opération ayant pour but essentiel la destruction des corps par le feu, et leur incinération complète, au point de réduire à une poignée de cendres de 2 à 3 kilogs leur poids initial de 45 à 50 kilogs.

Parmi les questions d'hygiène publique et d'économie sociale qui se rattachent à la meilleure installation possible des *cimetières*, il n'en est pas de plus intéressante que celle relative à l'encombrement sans cesse croissant des morts, et parmi les solutions de ce problème, d'ailleurs complexe, celle qui se présente avec le plus de garanties de succès et d'application pratique immédiate, c'est sans contredit la destruction du corps par le feu.

(1) La question essentiellement brûlante de la crémation occupe le public, sans toutefois le passionner. Rigoureusement attachés à un programme qui nous oblige à mentionner tous les efforts de la science et de l'industrie modernes, nous avons prié notre savant ami et collaborateur, le Dr de Pietra Santa, de traiter ce sujet avec les développements qu'il comporte et que nul, mieux que lui, ne pouvait exposer avec plus de compétence et d'autorité. Les partisans de l'incinération des cadavres liront avec intérêt les curieuses métamorphoses que l'on peut faire subir à l'humaine carcasse ; mais il nous sera permis de manifester notre répugnance pour cette opération qui mêle les horribles grésillements de la chair qui rissole, aux cris de douleur de ceux qui pleurent un être chéri. — *N. D. L. R.*

Comme les conquêtes de la chimie et de l'industrie modernes ont rendu facile, simple et peu coûteux ce mode d'inhumation, il nous paraît opportun de présenter ici dans ses moindres détails, l'*état de la question*, au point de vue technique. Toutefois, afin de mieux établir la valeur et l'importance de la crémation, nous allons tout d'abord passer rapidement en revue : sa raison d'être, son historique, les objections qu'elle a rencontrées, l'avenir qui lui est réservé.

Sa raison d'être. Dans tous les temps, chez tous les peuples, et sous toutes les civilisations, la question : « que faire des morts? » a été l'objet des plus vives préoccupations des hygiénistes et des législateurs. La terre étant le réservoir commun des sources de la vie, par une loi nécessaire et fatale de la nature, tout ce qui a vécu doit *mourir, et tout ce qui meurt doit se transformer* en nouveaux principes de vie. Tout est métamorphose dans la nature : la matière première est toujours la même, seulement elle se perpétue sous des formes toujours nouvelles.

Dès que l'organisme humain est livré à lui-même, à l'état de cadavre, il subit immédiatement l'action des lois physiques et chimiques, qui réduisent ses éléments constitutifs à des combinaisons plus simples, c'est-à-dire de l'eau, des gaz, des sels minéraux (eau, 75 0/0; matières solides, 25 0/0). Les gaz sont utilisés par la végétation qui se les assimile au moyen du feuillage des plantes ; les sels réduits en cendres se combinent avec la terre et la fécondent de la manière la plus heureuse, en arrivant aux racines des végétaux.

L'enterrement des corps s'est tout d'abord imposé comme une loi de nature; car il fallait rendre à la terre, sous peine de la stériliser, les phosphates, les carbonates et tous les éléments fécondants que contenaient ces cadavres.

C'est à des sentiments d'affection, pour obéir à des principes religieux, ou pour se conformer à des préceptes d'hygiène générale contre l'insalubrité de l'air des cimetières et des eaux potables qui les traversent, que l'homme a tenté parfois de soustraire sa dépouille mortelle à la loi de décomposition lente et putride des corps.

Mais à la lumière de ce grand axiome : « Rien ne se perd, rien ne se crée », il est facile de se convaincre que par la crémation on arrive au même but d'une manière plus rapide. Enfermé dans la terre, ou placé dans le four d'incinération, l'organisme humain donnera toujours une quantité, déterminée d'avance, de produits gazeux et solides, et quels que soient les procédés de crémation employés, ils ne deviendront jamais capables d'appauvrir le globe terrestre des proportions d'ammoniaque indispensables à la vie des plantes comme à celle des animaux. Voici donc parfaitement établi le double rôle chimique et physique que doit jouer la crémation dans la succession des organismes et des temps.

Historique. En consultant l'histoire de l'antiquité, il est facile de constater que chez tous les peuples, non seulement la méthode de l'incinération est en raison directe de leur civilisation, mais encore qu'elle constitue un honneur suprême rendu aux héros, aux grands hommes, et aux citoyens illustres ; elle n'exclut ni l'ensevelissement dans la terre, ni l'érection de tombeaux destinés à perpétuer leur mémoire. Homère décrit dans l'Iliade les funérailles de Patrocle et d'Hector.

Les premiers habitants du Latium incinéraient leurs cadavres, au dire de Virgile, et cet usage existait chez les Etrusques.

Tacite nous apprend que les Germains livraient aux flammes les corps de leurs illustres chefs.

Les Hébreux ont incontestablement connu et pratiqué la crémation, qu'ils considéraient comme un acte de vénération, un témoignage d'honneur et de reconnaissance publique (Livre des Rois). Les Romains, à l'exemple des premiers peuples d'Italie, commencèrent par incinérer leurs morts, mais peu à peu sous prétexte d'honorer les ancêtres, ils ensevelirent leurs dépouilles mortelles dans les villes, et conservèrent les momies dans leurs propres habitations. Pendant la période de la décadence de l'Empire, les cérémonies funèbres se modifièrent comme toutes les autres institutions politiques et sociales.

Au moment de l'apparition du christianisme, les premiers fidèles déposaient leurs cadavres dans les catacombes. Au v^e^ siècle lorsque le christianisme apparut au grand jour, les pères de l'Eglise repoussèrent l'incinération avec d'autant plus d'énergie que les païens y attachaient l'idée de la purification corporelle et morale. Pendant de longs siècles, l'incinération, reléguée dans les coutumes de l'Extrême-Orient n'arriva à la connaissance de l'Europe civilisée que par les récits des voyageurs ; mais lorsque vers la fin du xviii^e^ siècle vint se poser en France, d'une manière pressante, la grande question des *sépultures nationales*, un vaste mouvement d'opinion et de recherches s'organisa en faveur de la nouvelle réforme. L'Institut de France proposa un prix de 1500 francs pour l'étude de la question, et le Conseil des Cinq-Cents ne rejeta qu'à une faible majorité l'article 5 de la loi qui admettait la liberté du choix entre l'inhumation et la crémation.

En 1800, le comte Frochot, préfet de police, autorisait la crémation en ces termes :

« Les derniers soins à rendre aux dépouilles humaines sont un acte religieux, dont la puissance publique ne pourrait prescrire le mode, sans violer le principe de la liberté des opinions. »

Il faut arriver toutefois aux années 1870-71 pour voir dans toute l'Europe le réveil de la réforme hygiénique de la crémation.

France. A ce moment, nos premières publications sur le sujet, ont été accueillies avec une réserve et une indifférence voisines de l'hostilité. Cependant, le Conseil municipal de Paris a conduit la campagne avec une ardeur juvénile, et aujourd'hui, non seulement nous avons une Société de crémation mais encore la Chambre des députés a été saisie, par M. Paul-Casimir Périer, d'un projet de loi dû à l'initiative privée des membres les plus éminents de la majorité.

Italie. Le premier cri d'alarme contre l'insalubrité des cimetières a été jeté vers 1857 à Turin et à Padoue par deux savants éminents, Moleschott et Coletti. Aux Congrès scientifiques de Florence (1869) et de Rome (1871), l'assemblée, dans l'intérêt de l'hygiène, a demandé que par des dispositions légales l'incinération des cadavres fut substituée au système actuel d'inhumation. Bientôt le Sénat italien a inséré dans le Code sanitaire du royaume, la clause de l'incinération facultative et le 22 janvier 1876 a eu lieu à Milan celle d'Albert Keller au moyen du procédé Polli-Clericetti. Depuis lors, de nombreuses Sociétés de crémation se sont organisées dans toute la Péninsule, pendant que des appareils de plus en plus perfectionnés sont entrés en fonctionnement à Milan, à Lodi, à Cremone, etc.

Allemagne. Cette nation mérite, sans conteste, l'une

des premières places dans l'histoire de la crémation moderne. De 1849 à 1870 les Allemands ont consacré d'importants ouvrages et publications à l'étude théorique de la question.

Au point de vue pratique, ils ont opéré les premières incinérations sous le contrôle scientifique, et avec des appareils qui demeurent encore aujourd'hui les plus perfectionnés. Au point de vue de la vulgarisation et de la propagande, par l'organisation du Congrès de Dresde (1876), ils ont parfaitement déterminé le champ d'action de la nouvelle réforme. Un grand nombre de crémations ont été déjà effectuées dans le monument crématoire de Gotha.

Angleterre. Les premières bases d'une Société de crémation puissante ont été jetées à Londres par sir Henry Thompson à son retour de l'Exposition universelle de Vienne (1874). Les divers Congrès de l'Association médicale britannique ayant pleinement favorisé ce mouvement d'opinion scientifique, un *crematorium* d'aspect simple et monumental a été construit à Woking (Surrey).

Suisse. Le voisinage de l'Allemagne et de l'Italie n'a pas été sans influence sur les progrès de l'idée de crémation dans les cantons de Zurich, d'Aarau et d'Argovie. Des meetings populaires y ont été organisés dès 1873, et leur résultat immédiat s'est traduit par la création de plusieurs sociétés de crémation.

Autriche. En 1872, la population de Vienne ayant été très impressionnée par la vue de la collection des appareils de crémation qui figuraient dans les salles de l'Exposition universelle, le Conseil sanitaire de l'Empire, et le Conseil de santé des armées s'empressèrent de mettre la question à l'étude. Adoptant leurs conclusions favorables, le Conseil municipal de Vienne demanda, en 1874, à l'administration, de prendre les mesures nécessaires pour la construction à bref délai d'un monument où pourrait être effectuée la crémation facultative.

Belgique. MM. Jacques et Kuborn ont imaginé en 1877 un système économique et rapide pour appliquer l'incinération aux cadavres des animaux morts de la peste bovine.

Depuis, deux sociétés de crémation se sont formées à Bruxelles et l'une d'elles présidée par M. le sénateur Crocq a introduit au Parlement une pétition pour demander la crémation facultative.

Hollande. Les conditions topographiques du pays et la nécessité d'utiliser tout le terrain disponible au milieu des nombreux cours d'eaux qui sillonnent les Pays-Bas, devaient stimuler dès le début le zèle et les études des médecins hygiénistes. Des sociétés de crémation se sont fondées dès 1874 à Rotterdam, Leyde, Delft, Amsterdam, et par les soins de celle de La Haye des pétitions ont été adressées au roi et aux deux Chambres, à l'effet de modifier les textes de loi existants.

Espagne et Portugal. Dans la Péninsule ibérique tout se borne, pour le moment, à des tentatives littéraires, et à des études théoriques.

Etats-Unis. Dans l'Amérique du Nord, l'initiative pour la propagande de l'incinération a été prise par la population allemande, très au courant de tout ce qui se disait et se faisait dans la mère-patrie. Une société de crémation au capital de 50,000 dollars vient de se constituer à New-York, et deux crématoires sont déjà en fonctionnement à Washington et à Philadelphie.

Amérique du Sud. Le peuple mexicain au temps de sa grande civilisation paraît avoir fait usage de la crémation. Dans les temps modernes il n'a plus été question que de l'inhumation. Pour le moment, à Rio de Janeiro, à Buenos-Ayres, à Mexico, et à Valparaiso, la question n'a donné lieu qu'à quelques thèses de doctorat, et à quelques articles de journaux.

Hindoustan. Si ce sont surtout les guerres et les épidémies meurtrières qui ont conduit les hommes à l'usage de la crémation, il est facile de se rendre compte de la faveur qu'a rencontrée l'incinération dans les parages pestilentiels de la vallée du Gange, et dans toute la contrée qui s'étend entre l'Himalaya et Bombay. Les Hindous brûlent leurs morts couchés tout au long sur le bûcher.

Japon. La crémation, longtemps en honneur chez les boudhistes, avait été, il y a cinq ans, un moment interdite par déférence pour les coutumes européennes ; mais cette prohibition ne put résister contre les coutumes du peuple ; trois ans après elle était rétablie, et depuis lors on brûle environ 9,000 cadavres par an.

RÉPONSE AUX OBJECTIONS. Celles-ci sont de plusieurs sortes : les unes de *sentiment* tiennent à la répugnance de voir les dépouilles mortelles d'un homme brûler à petit feu sur un tas de bois, au milieu des charbons avec lesquels les restes viennent se confondre ; mais, on peut vaincre aujourd'hui cette répugnance, en incinérant les corps dans des appareils parfaitement disposés pour recueillir les résidus de l'opération. Les écrivains qui ont condamné la crémation parce qu'elle est contraire au verset biblique : « car vous êtes poussière et vous retournerez en poussière » se sont plus tenus à la lettre morte du texte qu'à sa pensée métaphysique et vivifiante. D'ailleurs, le chanoine Buccellati, de Pavie, soutient que l'incinération, telle qu'elle est effectuée aujourd'hui, ne constitue pas une opinion que l'on puisse dire « hérétique ou entachée d'hérésie. »

Dans la maison mère de la rue du Bac, à Paris, les missionnaires conservent précieusement dans des urnes les cendres de leurs martyrs, tombés dans des régions lointaines, sur le champ de bataille de la foi et du dévouement.

Des objections que nous dirons *scientifiques* ont été présentées par le Dr A. Latour, et par le Pr Grandesso Silvestri. Le premier redoute que l'humanité ne meure de froid par destruction et combustion de toute matière combustible ; mais il n'est plus besoin désormais de recourir aux grands bûchers de bois. Le second s'oppose à la crémation au nom de l'anthropologie et de la phrénologie, parce que les ossements des sépulcres sont des enseignements pour l'étude des races antéhistoriques, et pour la chronologie du genre humain ; mais les arts modernes ne nous donnent-ils pas les moyens de fixer d'une manière durable, et nos ressemblances et nos caractères anatomiques dans l'échelle zoologique (sculpture, gravure, moulures, photographies, chromolithographie, galvanoplastie).

L'objection la plus sérieuse est fournie par la médecine légale. Pour elle, la crémation enlève la possibilité des *exhumations juridiques*, c'est-à-dire des investigations que réclame la justice après la mort dans les cas de crime. Sans compter que, dans la très grande majorité des cas d'empoisonnement, le corps du délit peut se retrouver aisément au milieu des cendres, le gouvernement de Gotha nous a montré comment on peut satisfaire aux exigences légitimes de la médecine légale. Il suffit d'imposer ces trois conditions préalables : 1° Désir formel du défunt, et consentement de la famille (crémation facultative) ; 2° autopsie pratiquée par le médecin légiste de la circonscription, et certificat attribuant la mort à des causes naturelles ; 3° autorisation délivrée par le Prési-

dent de la police, après enquête préalable sur la vie et la maladie de la personne.

Son avenir. Il est donc permis d'affirmer que la crémation des cadavres et la conservation de leurs cendres doivent, à un moment donné, se substituer au mode actuel d'enfouissement, puisque, avec elle, au très grand profit de la salubrité et de l'hygiène publique, sans offenser la religion, sans léser les droits imprescriptibles de la société, en respectant toujours le libre arbitre des décédés, leurs volontés dernières, les sentiments sacrés de la famille, l'on peut honorer la mémoire de ceux qui ne sont plus. La crémation imite parfaitement l'œuvre de la nature : ce que celle-ci produit lentement, par des voies obliques, par l'intermédiaire d'émanations nuisibles, la combustion l'accomplit avec rapidité et sans danger d'aucune sorte, ne laissant à la surface de la terre qu'une masse minime de cendres inertes.

Dans un moment où toutes les grandes nations du monde civilisé se préoccupent de la grave question de la crémation, n'oublions pas qu'à la France revient l'insigne honneur d'avoir posé l'incinération des corps au rang des grands problèmes de l'hygiène publique moderne.

Distancé un moment par les nations voisines, notre pays doit reprendre sa place séculaire à l'avant-garde du progrès scientifique et social.

Moyens de l'obtenir. Les procédés employés aux diverses époques de l'histoire pour obtenir l'incinération des corps peuvent se grouper dans ces trois catégories principales : A. Le bûcher ; B. le gaz d'éclairage ; C. le mélange des gaz et de l'air plus ou moins comprimé.

A. Homère, nous a donné dans l'Iliade les détails les plus circonstanciés sur la manière de composer le bûcher, de le dresser, de l'allumer, et enfin d'en réunir les cendres, dans les vers consacrés aux funérailles de Patrocle et d'Hector.

Chacun de nous a présente à l'esprit la légende d'Artémise, reine de Carie, buvant, mêlées au vin de sa coupe, es cendres du roi Mausole son époux, brûlé sur une pile de plantes odoriférantes, arrosées des parfums les plus subtils.

Les bûchers où montaient naguère encore les infortunées veuves du Malabar, étaient formés de piles de bois de $1^{m},50$ carré fixées et retenues au sol par sept barres de er de 8 mètres de longueur. Les bûchers étaient saupoudrés de camphre et d'arome, puis les corps entourés de matières résineuses, de feuilles de bétel, de poudres de bois de santal.

Les Indous brûlent leurs morts couchés tout au long sur le bûcher formé de bois de santal pour les riches, de tourteaux de fiente de vache desséchés au soleil (*brattie*) pour les pauvres. On le décore de fleurs, puis on jette sur les flammes du beurre clarifié et des huiles parfumées.

Au Japon, dans le grand crématoire de Kirigaja, l'incinération de plusieurs corps s'opère dans une chambre spéciale. Quelques fagots suffisent pour réduire en cendres une créature humaine, dans l'espace de temps compris entre huit heures du soir et six heures du matin.

B. *Appareil Polli-Clericetti*. Les premiers essais de crémation faits en Italie sont dus au Dr Giovanni Polli au moyen du *gaz d'éclairage*. A la partie inférieure d'une cornue en terre réfractaire pénétrait un mélange d'air et de gaz d'éclairage (espèce de *bec Bunsen* des laboratoires), capable de porter la température au rouge blanc, et d'amener ainsi l'incinération du corps placé dans la cornue (fig. 604). C'est sur ce principe qu'a été construit l'appareil où s'est effectuée, en janvier 1876, la première crémation régulière qui ait été effectuée dans le temple dorique du cimetière monumental de Milan (baron Keller). L'appareil Polli-Clericetti comprend l'urne dans laquelle a lieu l'incinération, et l'officine pour la fabrication du gaz et la distribution de l'air. L'urne offre extérieurement la forme d'un sarcophage antique, construit avec des pierres calcaires ; elle contient et dissimule le four ou chambre de combustion. Celle-ci est formée par deux murs parallèles, avec voûtes en matériaux réfractaires. Cette chambre d'incinération est ouverte du côté qui correspond à la porte du four et fermée de l'autre par des traverses en fer avec un revêtement en briques ; elle contient : l'*appareil à feu*, la *plaque qui reçoit les cendres*, et la *grille*.

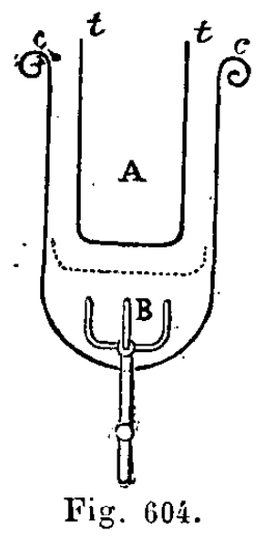


Fig. 604.

Cornue Polli.

cc Cornue en terre réfractaire. — *A tt* Récipient contenant la substance à incinérer. — *B* Bec à gaz.

L'appareil à feu comprend 217 flammes ou becs à air et gaz, véritables *dards de chalumeau*. De ces flammes, 180 sont disposées sur un plan horizontal au-dessous du cadavre, formant un vrai lit de

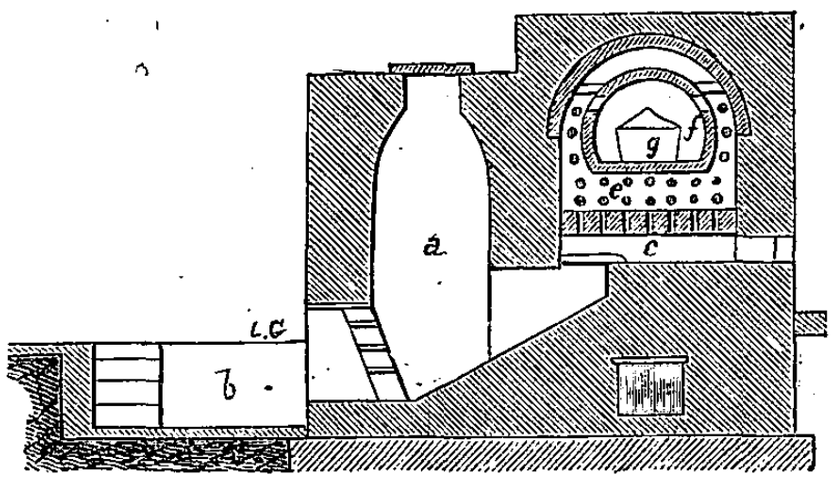


Fig. 605. — *Four Muller et Fichet.*

f Cornue en terre réfractaire. — *g* Bière renfermant le corps. — *a* Gazogène. — *c* Conduite de gaz. — *b* Chambre de déchargement.

flammes ; elles sont réparties en 10 rangées longitudinales, de 18 flammes chacune. Les 37 flammes complémentaires sont disposées le long de la voûte réfractaire en 2 files de 18 flammes chacune ; la dernière correspond à l'extrémité de l'appareil au-dessus de la tête. La température ainsi obtenue est de 1,100° qui *correspond au point de fusion du cuivre et de l'argent*.

Four Muller et Fichet (fig. 605). Cet appareil qui figurait à l'Exposition universelle de 1878, concentre en quelque sorte en un seul corps les principes qui doivent servir de base à l'établissement des fours crématoires. Les savants ingénieurs emmagasinent avant l'opération, dans une masse de matériaux d'un poids suffisant, toute la quantité

de chaleur nécessaire à l'évaporation de l'eau que renferme un cadavre (79 0/0). Pour qu'une crémation s'opère dans de bonnes conditions, il faut que la combustion des produits gazeux du corps humain (18,3 0/0) soit complète. Ce but sera rempli si les produits gazeux sont tenus à une température élevée, et pendant un temps suffisamment long, en présence de l'oxygène en excès. Voici comment MM. Muller et Fichet ont résolu le problème. L'appareil se compose d'une cornue réfractaire en forme de ⌓ dans laquelle on place le corps à incinérer; ce corps peut sans inconvénient être renfermé dans une bière non métallique, car les 2 0/0 environ de matière fixe que renferme le bois n'ajoutent aux cendres du corps qu'un poids insignifiant et négligeable.

Toute la partie inférieure du four est formée d'un empilage de briques réfractaires qui constituent un récupérateur de chaleur. Ce récupérateur chauffé à blanc par les produits de la combustion du foyer qui se rendent à la cheminée, sert, en même temps, à porter à une très haute température, de l'air qui, poussé dans l'atmosphère, va traverser la cornue et effectuer l'incinération du corps.

Dans les premiers instants, il n'y a qu'une évaporation rapide de l'eau, mais cette opération, opérée par un courant d'oxygène chaud, garantit la combustion parfaite des produits organiques volatils que la vapeur d'eau peut entraîner.

Le courant d'air incandescent pénètre dans la cornue par ses deux extrémités, et s'échappe par

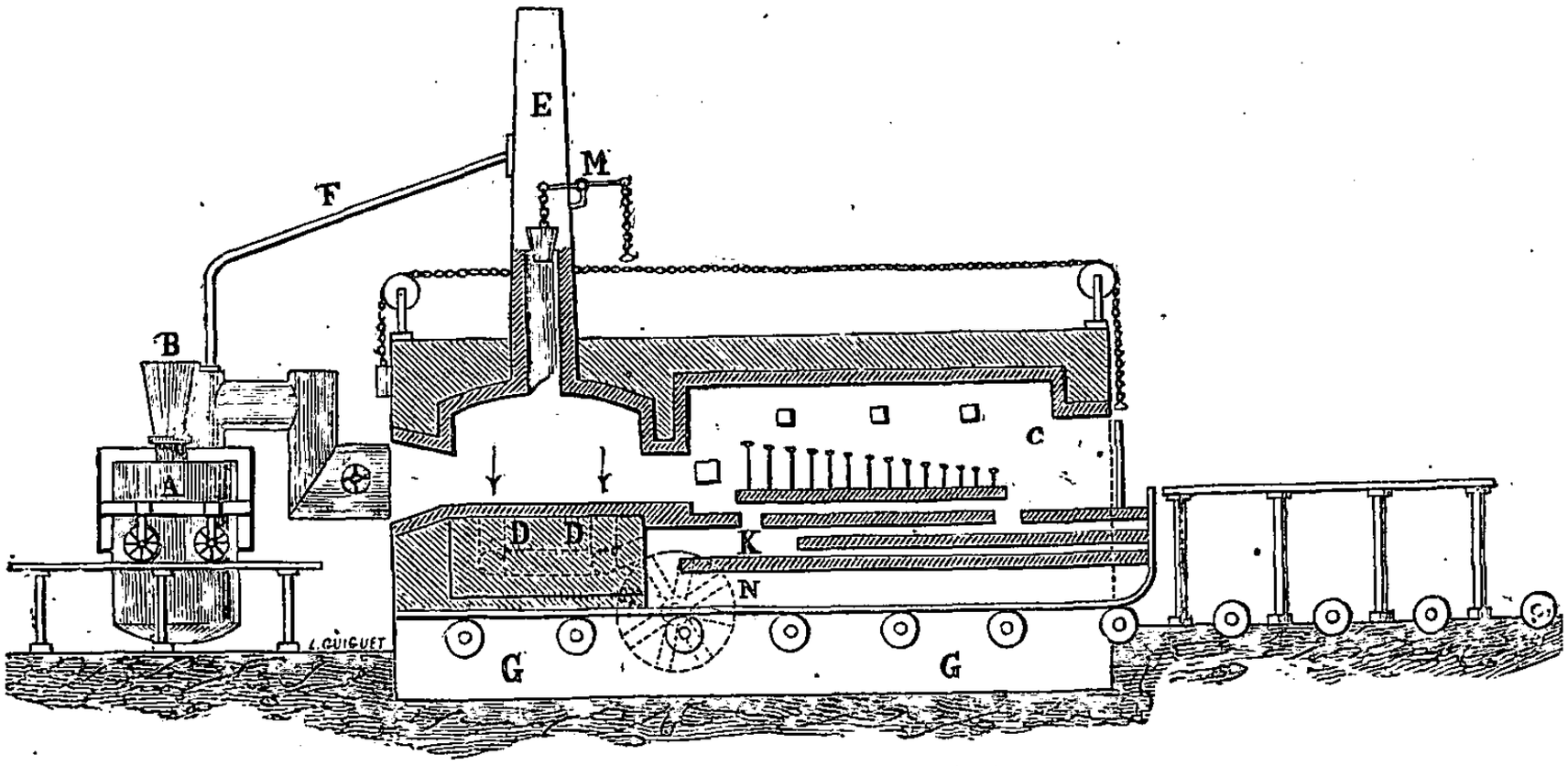


Fig. 606. — *Appareil Poma-Venini.*

A Gazogène au bois. — *K* Espace où aboutissent les tuyaux *B* conduisant les gaz de la combustion, et où se fait l'appel de l'air extérieur. — *E* Cheminée destinée à recevoir les parties non utilisées. — *M* Registre conique pour régler le tirage. — *F* Tuyau latéral qui appelle le surplus des gaz non détruits et les ramène au gazogène. — *C* Chambre crématoire. — *G G* Maçonnerie en briques réfractaires, base de l'appareil.

des orifices percés dans sa partie supérieure, et vers le milieu de sa longueur. Le fond de la cornue forme une table continue au travers de laquelle rien ne peut passer.

Le mélange d'oxygène et de vapeur d'eau sortant de la cornue, à l'état divisé, par les orifices de sa partie médiane, rencontre à sa sortie des lames d'oxyde de carbone venant du foyer disposé spécialement pour la marche au gazogène ; une combustion active d'oxyde de carbone chaud avec de l'oxygène chaud, se produit donc autour de la cornue qui se trouve dans un milieu à une très haute température.

Puis les produits de la combustion, après avoir chauffé la cornue, se rendent à la cheminée, circulant au travers des nombreuses chicanes du récupérateur. Celui-ci, en même temps qu'il fournit de la chaleur au courant d'air qui va traverser la cornue, se trouve maintenu par la flamme à une haute température pendant tout le temps de l'opération. Celle-ci est très rapide, grâce à la chaleur initiale, emmagasinée par le récupérateur.

Appareil Poma-Venini (fig. 606). C'est le plus pratique de tous ceux qui ont été imaginés en Italie ; il fonctionne dans le cimetière monumental de Milan. Les conditions essentielles qu'il réalise, sont la combustion de gaz de chauffage rendue plus active par de l'air surchauffé; l'utilisation des gaz provenant du cadavre lui-même ; la destruction de la fumée dans la grande cheminée d'appel.

Voici les détails du fonctionnement : un gazogène au bois A fournit les gaz de la combustion. Ces gaz vont par une série de tuyaux échauffer l'air appelé dans l'espace K de l'appareil où se fait un appel constant de l'air extérieur. Les gaz provenant de la combustion du bois rencontrant cet air surchauffé, s'enflamment à son contact, et sont de là dirigés dans la chambre crématoire. La température ainsi obtenue peut atteindre 1,500° centigrades, c'est-à-dire la température de fusion des *fontes* les plus réfractaires. Les parties non utilisées s'échappent par la cheminée E dans laquelle un registre conique M règle le tirage. Un tuyau latéral F appelle le surplus des gaz non détruits et les ramène au gazogène.

Le four Poma-Venini est donc un véritable four à *gazogène* et *récupérateur de la chaleur*, en même temps qu'un four *d'oxydation*. Toutefois, dans la pratique, la complication de son mécanisme le rend inférieur aux fours Muller et Fichet, et Siemens.

Four Siemens, de Dresde. Cet appareil (fig. 607), le premier qui ait fonctionné en Allemagne, et qui est actuellement installé dans le crématoire de Gotha, est sans contredit le plus parfait du genre au double point de vue scientifique et pratique.

Le four Siemens, comme le four *à puddler* du même constructeur, se compose essentiellement de trois parties : 1° une sole d'incinération ; 2° un régénérateur ; 3° un gazogène.

Les gaz combustibles, produits dans un gazogène, sorte de petit haut-fourneau, sont conduits par un canal souterrain dans le *régénérateur* ou *récupérateur de chaleur*. Ce dernier appareil est formé par 4 chambres, remplies de briques entrecroisées, laissant entre elles autant de vide que de plein, sauf à la partie supérieure, afin d'éviter un trop grand tirage dans le gazogène. Au moyen de valves, convenablement disposées, les gaz combustibles sont dirigés tantôt dans les 2 chambres de droite, tantôt dans les 2 chambres de gauche du récupérateur. L'un des groupes de chambres est ainsi alternativement chauffé par la combustion du gaz et de l'air mélangé, amené, en proportion voulue, par 2 valves spéciales, placées à la partie inférieure du four.

L'atmosphère, résultant de cette combustion, passe tout d'abord sur la sole où se trouve le cadavre et le brûle ; de là, par l'autre côté du four elle redescend dans les chambres symétriques, et en échauffe les briques. Lors donc que la valve d'admission sera retournée, les gaz et l'air mélangés, traversant le massif de briques (porté à une haute température), s'enflammeront, et le circuit se produira, en sens inverse, avec les mêmes effets.

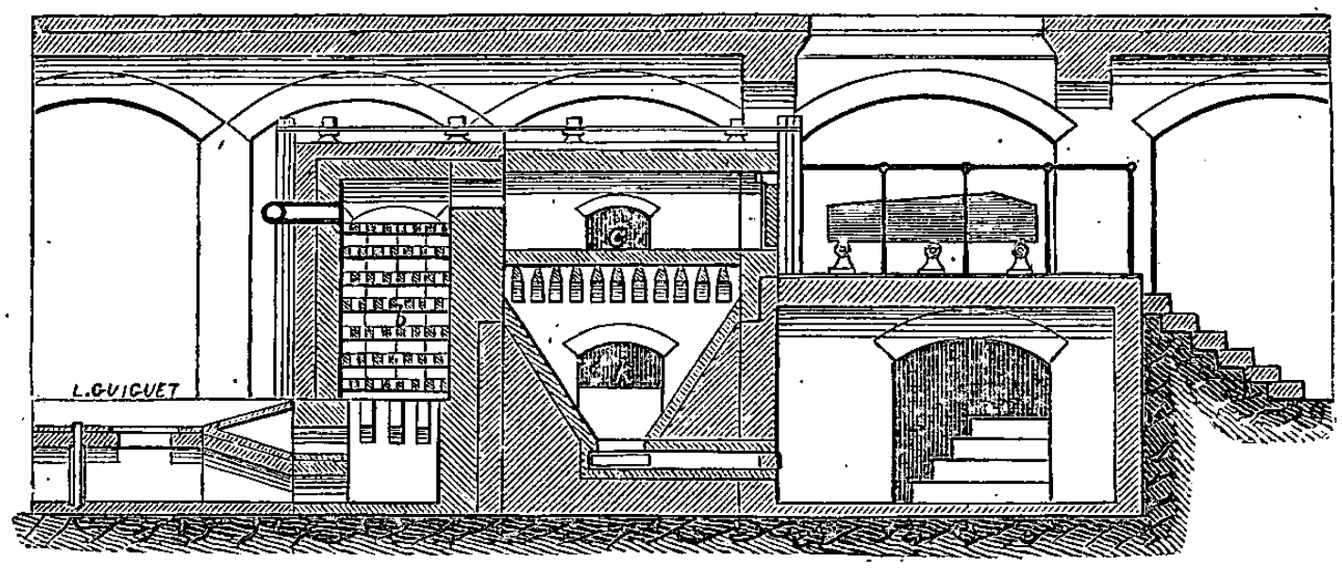


Fig. 607. — *Appareil Siemens.*

A gauche se trouve le *générateur*. Four alimenté par le coke dans lequel se produit le gaz de combustion (mélange d'oxyde de carbone, d'azote et d'hydrogène carburé). — Au milieu le *régénérateur*. Pièce de forme cubique, construite en pierre réfractaire communiquant avec une cheminée d'appel très élevée. — A droite le *caléfacteur*. Chambre dans laquelle se brûle le corps.

L'air admis par les valves, en proportion définie et voulue pour le mélange, fournit l'oxygène nécessaire à la combustion des carbures volatils d'hydrogène produits dans le gazogène, c'est-à-dire en *vase clos*. Il en résulte que, par ce système, l'atmosphère peut être faite, à volonté, *oxydante* ou *réductrice*, et qu'il y a possibilité absolue d'arriver à une incinération complète, sans aucun *résidu*, ni aucune *perte*, seul moyen de faire admettre le procédé par les masses populaires, peu disposées à se rendre compte de cette rapide disparition d'un organisme, contradictoirement aux traditions et aux habitudes reçues. L'utilisation dans le four de Siemens est de 6,000 calories, sur les 8,000 fournies par la combustion de la houille. La température atteinte peut aller jusqu'à 1,300 ou 1,500°, limite de résistance des matériaux réfractaires garnissant le four. Par ce procédé, sir Thompson a incinéré à Londres en *trente-cinq minutes* une carcasse de cheval pesant 220 livres anglaises. Le résidu n'était que de 5 livres de cendres, et aucune perte apparente en gaz ou en fumée ne fut constatée.

Le *crematorium*, construit à Woking par la société de crémation de Londres (fig. 608) sur des données économiques, répond par son aspect simple et sévère aux conditions requises dans l'état actuel de la question. L'appareil est construit d'après le système Gorini, de Lodi, avec les modifications proposées par M. W. Eassie, afin de pouvoir éviter les inconvénients de dispersion des cendres et obtenir la combustion indistinctement par le bois et par le coke. Voici les détails du plan, tel qu'il nous a été fourni par M. l'ingénieur E. Turner (les chiffres représentent les mesures anglaises).

Autres fours divers. Parmi les autres fours crématoires, pour la plupart utilisés seulement pour des expériences sur les animaux, nous signalerons les suivants :

Le four Gorini, installé dans les cimetières de Lodi et de Milan. L'appareil consiste en un four en briques analogue aux fours à *réchauffer* ou à *puddler* de l'industrie métallurgique. Il a le grave inconvénient de ne pas retenir suffisamment dans le lieu de combustion les cendres du cadavre, qui, entraînées par le tirage, si bien réglé qu'il soit, s'envolent en partie par la cheminée d'appel.

Le four Cadet, fourneau à moufle, analogue aux fourneaux de laboratoire.

Le four de Lagénardière, cornue en fonte ou en terre réfractaire ; four à 2 foyers latéraux et à récupération des gaz chauds.

Appareil Brunetti, de Padoue. Le corps à incinérer est placé dans une sorte de cornue, formée par des plaques de tôle, le foyer étant chauffé au bois, et le tirage se trouvant activé par l'action d'un ventilateur, *il se produit une carbonisation en vase clos*, mais cette carbonisation se trouve le plus souvent incomplète.

Appareil Terruzzi-Betti, four construit sur des principes dérivant du précédent, mais ayant aussi le grave inconvénient de mal utiliser la chaleur.

Appareil Kopp. Ce four suisse n'est que la reproduction en grand du *moufle* des laboratoires. Les gaz produits par la distillation peuvent être ramenés sur le foyer, ou envoyés dans une cheminée qui les répand dans l'atmosphère.

Appareil Lemoyne. Il n'existe, en Amérique, que deux crématoires (Washington et Philadelphie), construits sur le même système ; chacun d'eux comprend 2 chambres : l'une de réception avec catafalque mobile et l'autre contenant le four d'incinération, construit en briques réfractaires, avec cornue en fonte lutée avec de l'argile, fourneau placé au-dessous de la cornue, et tuyau-conduit qui reçoit les gaz de combustion et les porte à l'extérieur. Bornons-nous à constater que vingt-quatre heures sont nécessaires pour chauffer la chambre et porter la cornue au rouge blanc.

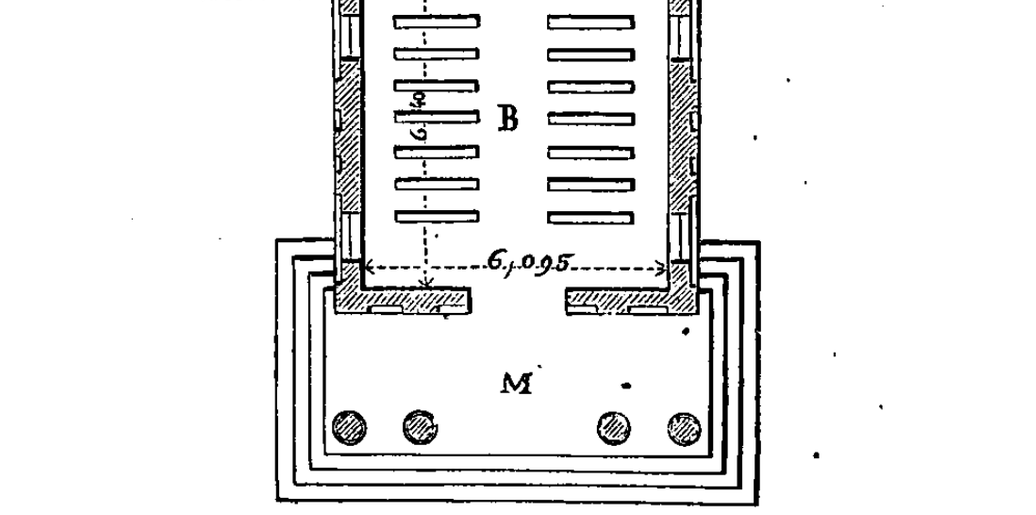


Fig. 608. — *Plan du crématoire de Woking.*

M Portique et façade d'entrée. — *B* La salle où se réunit l'assistance des parents et amis. — *K* Place de la bière, au moment où sont récitées les dernières prières. — *L* Petite chambre où l'on place la bière avant de la faire traverser. — *C* La petite cour qui précède. — *A* La chambre crématoire au fond de laquelle s'élève la cheminée d'appel. — *DE* Logement du gardien. — *JFGH* Sacristie, petit salon de réunion pour le pasteur.

Poids des cendres (1). En prenant la moyenne du poids des cendres recueillies dans les deux cents et quelques crémations opérées en Allemagne et en Italie, pour un poids moyen de corps humain de 50 kilogrammes, on arrive au chiffre de 3 kilogrammes.

Dans un système de crémation bien ordonné, ces cendres doivent être réunies dans des urnes spéciales et déposées ensuite dans des *cinerarium* ou *columbarium* ayant l'aspect d'un grand colombier.

Systèmes proposés pour remplacer l'inhumation en opposition avec la crémation. Pour juger en parfaite connaissance de cause, l'utilité et l'opportunité de la crémation, nous signalerons ici très sommairement les différents systèmes employés ou proposés depuis l'antiquité jusqu'à nos jours, pour résoudre le grand problème hygiénique des sépultures. Les Egyptiens pratiquaient sur une grande échelle la *momification* et l'*embaumement*, réduit de nos jours à des cas très rares. Ce système a évidemment résolu la question pour une civilisation très agglomérée, et de plus placée dans des conditions climatériques exceptionnelles. Pour les agglomérations actuelles, outre qu'il est d'un prix de revient inabordable au plus grand nombre, ils ne remédient qu'imparfaitement aux inconvénients déjà signalés de l'inhumation.

En 1877, le docteur Panizza, de Padoue, a préconisé un système, qui consiste dans la construction de cimetières spéciaux, véritables nécropoles en *maçonnerie*, où de longs corridors seraient disposés de manière à recevoir des niches ou des cellules particulières pour les cadavres. Cette *crémation* déguisée nous paraît sortir du domaine de la pratique.

M. Schoëck-Jaquet de Genève a proposé un système analogue, espèce de *ville des morts*, formée de *mas* ou édifices construits en béton ou en ciment de Portland sous forme de monolithes sans joints horizontaux ni verticaux.

(1) D'après l'analyse complète de MM. Champion et H. Pellet une portion de cadavre humain renferme les principes suivants :

Acide phosphorique	37.5
Chlore (moins oxygène)	6.5
Soude	22.9
Potasse	28.0
Chaux	2.0
Magnésie	3.1
Acides carbonique, sulfurique	traces
	100.0

Plus, les corps ammoniacaux et volatils dégagés pendant la durée de la crémation.

M. de Jugny, s'inspirant d'un mode d'inhumation usité en Espagne, a aussi proposé pour la ville de Paris, la construction de vastes galeries souterraines à 2 étages, divisées en compartiments formés de pierres de taille très solides ; chaque compartiment renferme un cercueil ; le scellement est tel qu'aucune infiltration ni exhalaison n'est à redouter.

M. L. Crulz, ingénieur, voudrait incruster les corps dans des blocs de pierre artificielle (béton hydraulique ou ciment) comprimés et parfaitement imperméables aux gaz. Les corps subiraient préalablement une sorte de momification.

M. Gratry a proposé, en 1876, à la municipalité de Neuilly, l'établissement à ses frais, dans le cimetière de la commune, d'une galerie de cercueils en béton Coignet.

M. Créteur a procédé à l'incinération des masses de cadavres restées à demi-enfouis sur les champs de bataille de Sédan, en utilisant le système belge suivant : la terre était tout d'abord enlevée jusqu'à rencontre des corps putréfiés ; les terres, provenant du voisinage des cadavres étaient, au fur et à mesure de leur enlèvement, arrosées d'acide phénique, dilué dans l'eau ; les cadavres eux-mêmes, saupoudrés tout d'abord de chlorure de chaux, étaient ensuite noyés dans un flot de goudron, qui s'infiltrait dans les interstices, la masse, bien imbibée, était finalement enflammée avec de la paille trempée dans le pétrole.

En terminant cette nomenclature, nous ne pouvons nous dispenser de rappeler le procédé d'*inhumation dans la chaux vive*, véritable crémation *chimique*, qui a ses annales dans les pestes et les guerres civiles de tous les pays. — Dr P. DE P. S.

Bibliographie. Le défaut d'espace, nous oblige à restreindre à la France, l'énumération des articles, brochures, livres et documents relatifs à la question. LEGRAND D'AUSSY : *Rapport au Conseil des Cinq-Cents*, an V de la République ; Comte FROCHOT : *Ordonnance du Préfet de Police autorisant la crémation*, 1800 ; Articles divers de journaux et Revues périodiques (CAFFE, SUCQUET, LAPEYRÈRE, MORACHE, Georges SAND, Paul SAINT-OLAVE, BONNEAU), 1854 à 1870 ; *Rapports* LAVERAN et baron LARREY à l'Académie des sciences, 1870-71 ; Dr de PIETRA SANTA : *La crémation des morts en Italie*, 1872 ; Dr de PIETRA SANTA : *La crémation des morts en France et à l'étranger*, 1874 ; Dr GANNAL : *Inhumation et crémation*, 1876 ; M. CADET : *Hygiène, inhumation, crémation*, 1re édit. 1877, 2e édit. 1879 ; Drs LACASSAGNE et DUBUISSON : *La crémation* (in *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*), 1879 ; *Rapports au Conseil municipal de Paris* (HÉROLD, LEVEL, CADET, MORIN, G. MARTIN), 1874 à 1882 ; Dr F. MARTIN : *Les cimetières et la crémation*, 1881 ; Dr de PIETRA SANTA et Max de NANSOUTY : *La crémation, sa raison d'être, son historique, appareils pour la réaliser, Etat de la question en Europe, en Amérique et en Asie*, 1881 ; P.-Casimir PÉRIER : *Proposition de loi présentée à la Chambre des députés*, 1882 ; Dr MONIN : *La crémation* avec lettre préface du Dr de PIETRA SANTA, 1883 ; M. GOMOT : *Rapport à la Chambre des députés sur la proposition Casimir Périer*, 1883.

CRÈME. Globules de matière grasse, qui s'élèvent à la surface du lait, et dont on fait du beurre par le battage (V. BEURRE, LAIT). || *T. de teint.* Couleur blanche tirant légèrement sur le jaune.

* **CRÈMÉ.** *T. techn.* Fil de lin ou de chanvre auquel on fait subir l'opération du crémage.

* **CRÉMOMÈTRE.** Instrument, appelé aussi *lactomètre*, destiné à mesurer la quantité de crème que le lait contient.

CRÉMONE. *T. de serrur.* Double verrou actionné par une poignée à bascule en forme de bouton, et qui constitue l'appareil de fermeture d'une croisée.

CRÉNAGE. *T. de fond. en caract.* Action d'évider en dessous la partie de l'œil d'une lettre qui déborde le corps.

CRÉNEAU. *T. de fortif.* Maçonnerie en forme de dents qui couronnait les murailles des châteaux-forts du moyen âge, et par extension, aujourd'hui, ouverture pratiquée dans un mur pour tirer sur l'ennemi. || *Art hérald.* Meuble d'armoirie représentant un créneau posé sur les bords supérieurs des fasces, bandes, barres et chevrons.

CRÉNELAGE. *T. de monn.* Opération qui consiste à faire sur la tranche d'une pièce de monnaie des petits crans qui tiennent lieu de légende.

CRÉNELÉ, ÉE. *Art hérald.* Se dit des constructions crénelées, ou des pièces découpées en forme de créneaux dirigés vers le chef.

* **CRÉNEUR.** *T. de mét.* Celui qui crène les caractères d'imprimerie.

* **CRÉOSOTAGE.** *T. techn.* Action d'injecter la créosote dans les bois, dont on veut assurer la conservation. — V. CONSERVATION DES BOIS.

CRÉOSOTE. *T. de chim.* Substance extraite, en général, des goudrons végétaux, mais que l'on retrouve aussi dans ceux de houille, et qui fut isolée, pour la première fois, par van Reichembach, du goudron de hêtre. La créosote a été étudiée depuis ce dernier par Völkel, V. Gorup-Besanez, Ettling, Hlasiwetz, et surtout, dans ces derniers temps, par Marasse.

Composition. La créosote n'est pas un produit bien défini ; c'est un mélange, en proportions très variables, de phénol et de ses divers homologues supérieurs. Pour M. Faislie, elle est surtout constituée de phénol, $C^{12}H^6O^2...\overline{C}^6H^5,\overline{O}H$, et de crésylol, ou hydrate de crésyle, $C^{14}H^8O^2...\overline{C}^7H^7,\overline{O}H$, l'homologue le plus voisin du phénol ; pour d'autres chimistes, et notamment M. Berthelot et M. Marasse, ce produit contiendrait, en plus de ces mêmes corps, du phlorol,

$$C^{16}H^{10}H^2...\overline{C}^8H^9.\overline{O}H,$$

et surtout du gaïacol $C^{14}H^{16}O^4...\overline{C}^7H^{15},\overline{O}H$, et du crésol, $C^{14}H^8O^4...\overline{C}^7H^7,\overline{O}H$, l'éther monométhylique de l'homopyrocatéchine.

Propriétés. La créosote pure se présente sous la forme d'un liquide oléagineux, très réfringent, incolore, mais se colorant à la lumière en jaune brun ; répandant une odeur spéciale de fumée de bois, non désagréable ; de saveur brûlante. Sa densité est de 1,037 à +20° (Reichembach) ; elle entre en ébullition à +203° centigrades, et ne se solidifie pas par un froid de —27° centigrades.

Elle est peu soluble dans l'eau, mais se dissout très bien dans l'alcool, l'éther, les huiles fixes ou essentielles, l'acide acétique, les lessives alcalines. La créosote dissout quelques métalloïdes, comme le soufre, le sélénium, le phosphore ; des matières colorantes, comme l'indigo ; les résines, les matières grasses ; un certain nombre d'acides végétaux, tels que les acides oxalique, tartrique, citrique, benzoïque, stéarique, et divers sels, notamment les acétates de potassium, de sodium, d'ammonium, de plomb, de zinc, et les chlorures de calcium et d'étain. Elle coagule l'albumine. En présence de l'acide sulfurique, la créosote prend une couleur rouge violacée, et une teinte brune avec l'acide chlorhydrique. Elle précipite les solutions de bichlorure de mercure en jaune rouge ; de sulfate de cuivre, en vert-pomme ; donne une couleur vert-émeraude, avec les solutions alcooliques de perchlorure de fer, et une coloration bleue avec les hypochlorites alcalins et l'ammoniaque. Elle se dissout dans la potasse, et forme avec elle un sel cristallisé, d'où l'on retire le créosol ; chauffée avec la soude et le bioxyde de manganèse, elle donne un produit qui, repris par l'eau, fournit du rosolate de soude, lequel, saturé par l'acide sulfurique, laisse précipiter l'*acide rosolique*, matière colorante aujourd'hui très employée pour la teinture ou l'impression en jaune (Smith ; *Répertoire de chimie appliquée*, I, p. 163).

Préparation. Elle se prépare en traitant les résidus goudronneux de la distillation du bois, et surtout du hêtre. La liqueur condensée dans les barillets, contenant des parties aqueuses et d'autres huileuses, on sépare celles-ci, après repos, et les soumet à la distillation, en recueillant seulement les parties plus lourdes que l'eau, qui passent entre 150 et 260°. Ce liquide contenant de l'acide phénique (phénol) et de la créosote, ainsi que divers autres produits, on commence par le laver avec une solution de carbonate de soude, puis on enlève la couche aqueuse, et rectifie, par une seconde distillation, pour séparer encore les huiles plus légères. Le résidu de l'opération est alors purifié par l'addition d'une solution de soude caustique, qui dissout la créosote, en dégageant de la chaleur, ce qui facilite la séparation des carbures d'hydrogène que contenait la masse, et qui demeurent en grande partie à l'état insoluble. On siphonne la couche supérieure formée par les carbures, et l'on chauffe doucement, et à l'air libre, la solution alcaline. La chaleur permet l'oxydation facile de quelques matières étrangères, qui viennent se réunir à la surface, et que l'on enlève. Après refroidissement de la liqueur, on sature par l'acide sulfurique étendu, et aussitôt on obtient la séparation d'une matière huileuse, laquelle est de la créosote impure, mélangée de phénol, crésylol, etc. On répète plusieurs fois, sur cette créosote, le traitement par l'alcali et l'acide sulfurique, jusqu'à ce que la créosote se dissolve dans la soude, sans laisser séparer de partie huileuse. On distille alors la matière, afin d'obtenir une première séparation du phénol et de la créosote ; pour cela, on recueille à part le produit distillé entre 150 et 195°, lequel contient surtout le phénol. On traite la partie obtenue au-dessus de cette température par la soude, qui la redissout, et l'on y ajoute la quantité d'acide sulfurique faible, seulement nécessaire pour précipiter les phénols. Il se sépare aussitôt des matières résineuses, mêlées d'acide phénique et d'un peu de créosote ; on enlève ces produits, et ajoute une petite quantité d'acide, qui précipite surtout la créosote ; on sépare cette dernière, et une troisième acidification amène la précipitation d'une nouvelle quantité d'acide phénique.

Le dépôt obtenu en second lieu, et que l'on a mis à part, est alors distillé, en ayant soin de ne recueillir que ce qui passe à 203°. Ce produit est de la créosote pure ; on lui enlève ses dernières traces d'humidité en la laissant en contact avec du chlorure de calcium. Elle doit être complètement soluble dans les alcalis caustiques, et l'addition d'une grande quantité d'eau n'y doit pas produire de précipité. Celle qui n'offrirait pas ces caractères devra être reprise par la soude, traitée par l'acide, puis finalement redistillée.

Falsifications et essai. La créosote de hêtre étant la plus recherchée, on lui substitue souvent dans le commerce, des produits impurs, et quelquefois même le phénol ordinaire ; souvent elle est mélangée d'alcool, ou de matières huileuses (huiles fixes et volatiles).

On doit rejeter toute créosote qui, versée goutte à goutte dans l'eau, ne tombe pas au fond, après une légère agitation, ou qui s'y troublerait.

(*a*) Pour distinguer l'acide phénique de la créosote, ou reconnaître son mélange avec cette dernière, on peut employer différents moyens : 1° en mêlant parties égales de collodion et de créosote, on obtient, par agitation, un produit qui s'épaissit seulement un peu, tandis que la masse se prend en gelée, quand on substitue le phénol à la créosote (Rust.) ; 2° en mélangeant volumes égaux de créosote et de glycérine, on n'obtient pas la dissolution de cette dernière, tandis que le phénol s'y dissout complètement, et n'est plus précipité par addition d'eau (Morson, *Répertoire de pharmacie*, 1873, p. 131) ; 3° en ajoutant à de la créosote pure, trois à quatre fois son volume d'eau de baryte faible, on n'obtient qu'une dissolution incomplète, tandis qu'elle est totale avec l'acide phénique ; 4° l'ammoniaque ne dissout pas la créosote, tandis qu'il dissout partiellement, à chaud, l'acide phénique ; 5° la solution alcoolique de perchlorure de fer, légèrement ammoniacal, colore la créosote en vert, et l'acide phénique en brun (cette réaction permet de retrouver 1 partie de créosote dans 500 parties d'acide phénique) ; la solution aqueuse de perchlorure de fer, ajoutée à la créosote, ne se modifie pas comme nuance, tandis qu'elle devient bleue, avec le phénol (Frisch).

Pour retrouver de petites quantités d'acide phénique dans la créosote, on fait bouillir quelques gouttes de cette dernière, avec 6 à 8 centimètres cubes d'acide azotique, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs rutilantes, puis on ajoute au liquide refroidi une solution de potasse. S'il

s'y produit immédiatement un précipité jaune, de picrate de potasse, c'est qu'il y a eu formation d'acide picrique, aux dépens de l'acide phénique ajouté frauduleusement (Clark, *Pharm. Journ. and Transact.* 23 juin 1873).

(*b*) Pour retrouver l'*alcool* mêlé à la créosote, on peut distiller, et recueillir les premiers produits condensés; ou bien, additionner le produit suspect de 6 fois son poids d'huile d'amandes douces; s'il y a seulement 0,4 d'alcool, le mélange devient et reste opaque, après agitation (Lepage).

(*c*) Les *huiles fixes ou volatiles* se retrouvent aisément. En versant un peu de liquide sur du papier, il s'y formera une tache, qui reste transparente à froid, s'il y a des essences, et ne change pas d'aspect après l'action de la chaleur, s'il y a des huiles fixes. En ajoutant à un poids connu de créosote falsifiée, une quantité suffisante d'acide acétique, on pourra isoler les matières grasses qui sont insolubles dans l'acide, alors que la créosote s'y dissout.

Usages. La créosote est un antiseptique puissant, qui arrête les fermentations, et est employée, pour ce motif, dans les laboratoires, ou pour servir à la conservation des matières animales. C'est cette propriété qui lui a fait donner son nom, tiré de κρεας, chair, et de σωζειν, préserver. Elle sert de caustique, et détruit les tissus; c'est ce qui la fait servir dans la carie dentaire; on a préconisé, depuis peu, son emploi pour combattre la tuberculose pulmonaire, mais on doit se rappeler que c'est un corps très toxique, que neutralisent mal tous les agents chimiques; c'est également un puissant hémostatique, à cause de la propriété qu'elle a de coaguler l'albumine.

Nous avons indiqué déjà le moyen d'obtenir, avec la créosote, une belle matière colorante jaune, l'*acide rosolique;* ajoutons que Reichembach en a encore extrait une matière colorante bleue, à reflet métallique, qu'il a désignée sous le nom de *pittakale* (l'*Eupittone*, de Hoffmann). — J. C.

* **CRÉPAGE.** *T. techn.* Sorte d'apprêt que l'on donne à certains tissus pour produire des ondulations.

CRÊPE. Le crêpe est une étoffe légère, tissée en écru avec des fils tordus à l'excès, qui se frise par les efforts de détorsion de ces fils, lorsque la cuite de la teinture les a dépouillés de leur gris. Le crêpe est régularisé sous plusieurs formes et par diverses méthodes d'apprêt. Les principaux genres de crêpe soie sont le *crêpe français*, le *crêpe anglais* et le *crêpe de Chine*.

Le *crêpe français* est une sorte de gaze composée en chaîne et trame de plusieurs bouts de soie grège montés jusqu'à plus de 3,000 tours au mètre. Après tissage et teinture, l'apprêt, fait à chaud, au moyen de rouleaux recouverts de peau, tend le tissu en lui donnant un dessin régulier. Ainsi préparé, le crêpe est méthodiquement tourmenté comme par un gaufrage, mais bien plus fortement élastique qu'une étoffe gaufrée, il reprend énergiquement ses formes ondulées, lorsqu'après l'avoir tendu à la main, on le laisse à lui-même. Le même tissu, tendu en uni par un puissant apprêt, devient le *crêpe lisse.* Très résistant, malgré sa légèreté, il se découpe pour faire des *ruchés*, des plissés de jupes, de cols, de manches, des formes de chapeau, etc.

Le *crêpe anglais* est obtenu par des cylindres métalliques gravés. La grande difficulté de cette étoffe est une belle nuance de noir. La perfection est due à des manipulations restées le secret de quelques industriels. Les Anglais, inventeurs du procédé, ont gardé la supériorité de cette fabrication. Cependant, depuis quelques années, Lyon produit d'assez beaux *crêpes anglais*.

Le *crêpe de Chine* est un tissu plein et opaque inventé depuis des siècles dans le Céleste Empire, qui en importe encore en Europe. C'est une étoffe tissée écrue, armure taffetas, dont la chaîne n'a pas de torsion extraordinaire. La tramure se compose de passées alternatives, d'un cordonnet torsion à droite et d'un cordonnet torsion à gauche. lesquels sont faits tous deux d'un assemblage de fils de grège montés en torsion excessive. Cuit, teint et tendu à plat, le crêpe de Chine est un produit souple, doux et tombant, auquel les deux torsions contrariées de la trame font une onde légère. La fabrication lyonnaise fait, depuis longtemps, d'admirables crêpes de Chine.

Ainsi, sous mille formes, la charmante étoffe qui fait l'objet de cet article s'emploie presque constamment et en quantités prodigieuses dans la toilette de la femme, soit qu'aux heures de joie elle la pare de sa gaze vaporeuse ou l'enlace dans la moelleuse caresse du crêpe chinois, soit qu'aux jours de deuil elle la voile dans les ondes de son réseau mat, sévère et tourmenté. — J. A. H.

CRÉPI, IE. *T. de constr.* Couche de plâtre ou de mortier qu'on applique à la *truelle* et à la *taloche* sur la maçonnerie de moellons, sur les hourdis d'un pan de bois ou sur les augets d'un plafond, pour préparer les surfaces à recevoir l'enduit. On fait le crépi avec du plâtre gâché peu serré et, avant de l'appliquer, on mouille la surface qui doit le recevoir, pour faciliter son adhérence.

CRÉPINE. *T. de passem.* Ouvrage formé d'une bande à jour et terminé par une frange. || *T. d'hydraul.* Organe de forme variée et perforé, qui termine l'extrémité inférieure du tuyau d'aspiration d'une pompe; les trous qui y sont pratiqués ont pour but d'empêcher l'introduction des corps étrangers dans les tuyaux.

* **CRÉPINS.** *T. techn.* Se dit des outils et des menues fournitures, le cuir non compris, nécessaires au cordonnier.

CRÉPIR. *T. de constr.* Enduire de crépi. || *T. de corr.* Impression de raies sur une peau, en y frottant la paumelle ou la marguerite, dans le sens des rainures dont ces outils sont garnis.

* **CRÉPISSAGE.** *T. techn.* Opération qui a pour but de donner le grain aux peaux. — V. CORROYAGE.

* **CRÉPISSOIR.** *T. techn.* Outil qui sert à crépir les murs.

CRÉPON. Etoffe de laine non croisée, tissée en

blanc et teinte en couleurs, qu'on emploie pour le costume des ecclésiastiques et des religieux.

* **CRESPEL-DELISSE** (Louis-François-Xavier-Joseph), l'importateur de l'industrie sucrière en France, est né à Lille le 22 mars 1789. En 1810, alors que l'industrie du sucre n'existait que grâce à la production de la canne et que, en raison du blocus continental, on ne pouvait rien espérer du commerce et de l'industrie coloniales, Napoléon Ier proposa un prix de « un million » à celui qui découvrirait un moyen de fabriquer le sucre avec les seules ressources naturelles et mécaniques du continent. Crespel s'associa alors à Lille avec son parent Parsy dans l'intention de chercher la solution du problème. A la suite de plusieurs années d'essais, ils avaient obtenu tous deux de précieux résultats avec la betterave, et ils avaient installé à Lille, rue de l'Arc, une râpe, une presse et des chaudières pour faire le sucre. Les résultats auxquels arrivaient alors Crespel et Parsy étaient identiques à ceux qu'un savant allemand, Margraaf, avait réalisés quelques années auparavant, et qu'exploitaient dans le domaine de Kunern, en Silésie, sacrifié à cet effet par le roi de Prusse, Achard de Berlin et le baron Koppi. La découverte de la présence du sucre dans le tissu cellulaire de la betterave, faite par Margraaf, remontait à 1745 ou 1747 ; toutefois, les travaux d'Achard qui relataient toute la série d'expériences faites dans cet ordre de choses, tant par Margraaf que par lui-même, ne parurent, traduits en français, que vers 1812. Il y avait déjà quatre ou cinq ans que Crespel et Parsy avaient atteint en principe le but de leurs recherches ; cependant l'ouvrage d'Achard vint simplifier de beaucoup les études subséquentes de ses confrères de Lille, et leur épargner des écoles et des dépenses inutiles. C'est à partir de cette époque que, forts de leur propre expérience et de celle de leurs émules de Prusse, Crespel et Parsy transformèrent en véritable industrie ce qui jusqu'alors n'avait guère été qu'une entreprise de laboratoire.

Lorsqu'en 1812, Derosne et Chaptal arrivèrent à Lille avec mission d'y installer une sucrerie, leur surprise fut extrême en apprenant, dès leur arrivée, que le problème était résolu et que la petite fabrique de Crespel et Parsy fonctionnait depuis près de deux années. Ils s'en retournèrent à Paris, mais il ne paraît pas qu'ils aient averti Napoléon de ce qu'ils avaient vu, car les industriels lillois n'entendirent point parler de la récompense promise. Celle-ci fut décernée, la même année, à B. Delessert qui, occupé des mêmes recherches, obtint, mais deux ans plus tard, les mêmes résultats que Crespel et Parsy. Delessert fut décoré et comblé d'honneurs, l'empereur alla visiter en personne son établissement. Il est bon de constater qu'au moment même où Delessert était supposé découvrir le moyen de tirer du sucre de la betterave en 1812, Crespel et Parsy livraient déjà régulièrement leurs produits, à raison de 10,000 kilogrammes par an, à la consommation. Vers la fin de sa vie, Crespel se sépara de son associé, et alla transporter le siège de son industrie à Arras, où il fonda un établissement central et disposa dix-neuf succursales agricoles dans les départements voisins du Pas-de-Calais. En 1815, il se vit contraint par des embarras financiers, dans lesquels les charges écrasantes du fisc entrèrent pour beaucoup, de liquider ses affaires. Alors seulement une pension viagère de 6,000 francs lui fut allouée par le Corps législatif à titre de *récompense nationale*. En 1824, la Société d'encouragement, sur le rapport du comte Chaptal, lui décerna sa grande médaille d'or. Crespel-Delisse a aujourd'hui sa statue à Arras.

* **CRESPIN** (Elie-Adolphe), manufacturier, né à Libourne (Gironde), le 21 janvier 1815, a sa place marquée dans notre partie biographique. Il fit, comme chapelier, son apprentissage à Bordeaux, et il a gravi les échelons qui l'ont conduit au sommet de la hiérarchie industrielle, guidé par un constant amour du travail et l'ambition bien légitime de conquérir une situation indépendante. Jeune encore, il devenait contre-maître chez Laville et Cie, fabricants de chapeaux ; en 1851, il rentrait dans cette maison comme intéressé après l'avoir quittée pour acquérir, dans les voyages, la pratique des affaires. Collaborateur de Laville, qui fut un homme d'initiative et de progrès, il lui apporta les études qu'il avait faites sur les divers systèmes de fabrication française et étrangère, et ces deux hommes, se complétant l'un par l'autre, révolutionnèrent la chapellerie en substituant le travail mécanique aux procédés manuels. Devenu l'un des chefs de la manufacture, Crespin imprima une vigoureuse impulsion aux machines employées, notamment aux fouleuses et aux bastisseuses dont il est question à l'article Chapellerie. En 1854, il fit subir à la fabrication du chapeau de soie une transformation notable ; la galette se faisait alors avec un feutre léger composé de poils de lièvre ou de lapin, mélangés quelquefois avec une addition de coton, et trempé dans une dissolution de gomme laque ; la maison Laville, Petit et Crespin remplaça ce feutre par une garniture adhérente, composée d'une mousseline de soie.

On doit également à Crespin de remarquables procédés de teinture des chapeaux ; il suivit les conseils de Person, et c'est dans le laboratoire du savant professeur des Arts et Métiers qu'il trouva ces nuances aussi riches que variées qui ont donné à la chapellerie française une supériorité incontestée.

Nous devons mentionner aussi les luttes courageuses que M. Crespin eût à soutenir contre la corporation des ouvriers chapeliers. Il n'a point marchandé les salaires, mais il n'a jamais voulu subir l'ingérence despotique et les prétentions exorbitantes de certaines coteries dans la direction et les règlements de ses ateliers ; de là une polémique violente avec certains journaux, des crises renouvelées et des procès dont son énergie a triomphé. La Cour, en confirmant son droit, a voulu faire respecter la liberté individuelle et assurer en même temps la garantie et la liberté du travail (V. Grève). Laville est mort avant d'avoir reçu la haute récompense pour laquelle il était

désigné, Crespin, plus heureux, a été fait chevalier de la Légion d'honneur en 1869.

CRÊTE. 1° *T. de constr.* Arête supérieure d'un toit ; sommet d'une muraille. || 2° Ornement découpé à jour qui couronne le faîte de certains édifices. || 3° *T. de passem. Crête de cõq.* Petite passementerie dont les dents très fines imitent une crête de coq. || 4° *T. de fortif.* Partie supérieure du parapet d'un chemin couvert.

***CRÊTÉ, ÉE.** *Art hérald.* Se dit des oiseaux qui ont des crêtes, lorsqu'elles sont d'un émail particulier.

***CRÊTER.** *T. d'ameubl.* Cacher le cloutage d'un fauteuil avec la passementerie appelée *crête*.

CRETONNE. Toile de coton tissée en armure *unie*. La cretonne diffère du calicot en ce qu'elle est faite en filés de gros numéros chaîne 8, 10, 12 à 20 et trame 10 à 24. Généralement, dans les marchés ayant rapport à la fabrication de ces tissus, on stipule, en outre du nombre de portées et du duitage, le poids des 100 mètres. Suivant les numéros de filés employés et le rapport entre la chaîne et la trame, on obtient un grain tout à fait différent ; aussi ce genre de tissu comprend un très grand nombre de sortes variant suivant les usages auxquels ils sont destinés. Les *cretonnes à grain carré* sont généralement les plus lourdes ; il y a peu de différence entre le numéro de la chaîne et celui de la trame, et l'égalité de grosseur du brin en travers et en long est presque parfait. On exige pour ces tissus beaucoup de *main* et souvent même de la raideur, ce que l'on obtient en employant des fils en bon coton, en excluant les déchets, en encollant fortement la chaîne et en mouillant la trame.

Une cretonne { 16 fils, chaîne n° 10 ou 54 P. sur 90 cent. de largeur. . . ; 14 fils trame n° 12. . . . . } pèsera en écru envir. 20k,500 les 100 mètres.

Une cretonne faite avec la même chaîne et 16, 17 fils trame n° 12, pèse en écru 24 kilogrammes les 100 mètres. Le même genre de tissu en 16 fils chaîne n° 12, 18 fils trame n° 16 pèse en écru 19k,500 environ et l'emploi des filés est pour la chaîne 9k,300 et pour la trame 8k,500, soit ensemble 17k,800 environ. Les cretonnes pour la vente en écru doivent être faites en filés de coton neuf, pour avoir une belle apparence ; pour la vente en blanc, il faut qu'elles soient exemptes de boutons, et pour la teinture, on peut employer des filés en déchets ou mélange de déchets.

Les *cretonnes ou le genre shirting* en forte chaîne et bien duitées en trame plus fine que la chaîne, ont un grain long d'un très bel aspect. Il existe également une très grande variété de ce genre.

Un { 16 fils, chaîne n° 16, poids 6k,900 ; 20 fils, trame n° 26, poids 6 kil. } 12k,900 pèse en écru envir. 14 k.

Ce même article peut se faire en 22, 24, 26, 28 fils trame et le poids en écru variera de 14 à 16 ou 17 kilogrammes les 100 mètres.

Un { 18 fils, chaîne n° 16, poids 6k,200 ; 30 fils, trame n° 26, poids 7k,600 } 13k,800 pèse en écru 15 kilogr.,

Cet article se fait en 20, 24 et même 30 fils et son poids en écru varie de 15 à 18k,500 les 100 mètres.

CREUSET. Ustensile, en forme de dé, qui peut être en matières diverses : argile réfractaire, plombagine, acier, fer, etc., et destiné à la fusion des corps. Les creusets servent aux opérations de fonderie, pour le verre et le cristal, le bronze, les métaux précieux, or, argent, platine, etc. Ils doivent, quelle que soit la matière qu'on y traite, remplir un certain nombre de conditions générales que nous allons énoncer, puis nous examinerons ensuite les diverses sortes de creusets les plus employés dans l'industrie. Il faut qu'un creuset puisse renfermer, sans perte, la matière qu'on y a introduite pour être soumise à une température plus ou moins élevée ; par conséquent qu'il soit imperméable. On cherche également à ce qu'un creuset puisse servir le nombre de fois le plus considérable et à l'établir au prix le plus faible, si on doit le sacrifier à chaque opération. Le point le plus délicat que présente la confection des creusets, c'est de résoudre ce double problème : le rendre capable de résister à certaines températures et cela un certain nombre de fois.

Creusets en terre réfractaire. Les creusets de cette catégorie sont les plus employés dans l'industrie, pour une foule d'opérations de laboratoires de chimie, dans les verreries et cristalleries, dans la fonderie du bronze, la métallurgie du zinc, etc. Ils en conservent généralement la forme d'un dé, quelquefois d'un boisseau cylindrique et présentent également, au lieu d'une section circulaire, un triangle curviligne, qui facilite la coulée des matières fondues. On en rencontre de toutes les tailles, depuis les petits creusets de laboratoires de 5 à 6 centimètres de hauteur, jusqu'aux grands modèles, atteignant quelquefois 1 mètre de hauteur avec des diamètres proportionnés, la hauteur devant excéder la largeur au moins de moitié, pour faciliter l'action de la chaleur.

La résistance au feu des creusets peut être considérée sous un double point de vue. Leur infusibilité propre, c'est-à-dire leur propriété de supporter, sans se ramollir, des températures plus ou moins élevées, propriété qui dépend uniquement de la nature de l'argile employée. La résistance à l'échauffement, c'est-à-dire la propriété de pouvoir être portés au moins à la chaleur rouge sans se gercer ni se casser. Cette dernière qualité réside bien un peu dans un bon mode de fabrication, mais elle dépend surtout de la manière dont on les expose au feu. Cette mise en feu doit toujours être lente et graduée, tout coup de feu un peu brusque a infailliblement pour résultat de produire la cassure du creuset.

Quant à l'infusibilité propre, elle dépend, comme nous venons de le dire, de la nature de l'argile employée, qui doit être sensiblement pure, ne contenir ni pyrite ni calcaire. Il faut que cette argile soit mêlée de sable ou, ce qui est préférable, de ciment grossier dans la proportion de 2 et même 3 de ciment pour 1 d'argile crue. Certains

gîtes d'argile jouissent de propriétés réputées pour la fabrication des creusets, comme celles de Forges, de Gross-Almerode, de Garnick, de Hesse, etc. L'analyse de ces argiles a établi un fait important, à savoir que l'infusibilité ne réside pas tant dans les proportions centésimales des substances constituantes, que dans un certain groupement moléculaire particulier, ainsi l'argile de Forges et celle de Montereau ne diffèrent presque pas à l'analyse, la première permet de fabriquer des creusets réfractaires, alors que la seconde ne saurait servir au même usage. Aussi est-il rare de voir employer dans ce travail l'argile d'un seul gîte, mais plutôt un mélange dans des proportions convenables d'argiles diverses, résultat qui ne peut se formuler par une règle définie et qui ne résulte que d'expériences attentives. Le sable ou le ciment agissent comme dégraissants pour diminuer la plasticité de l'argile pure, et s'opposer à l'action des cendres alcalines.

Voici la composition élémentaire des creusets les plus employés à Paris, résultant des analyses de Berthier :

Origine	Silice	Alumine	Oxyde de fer	Magnésie
Creusets dits de Hesse . .	71	25	4	
De Paris, fabriq. de Beaufay.	65	34	10	
De Saveignies (près Beauvais).	72	19	4	
D'Angleterre (pour acier fondu).	71	23	4	
De Saint-Etienne	65	25	7	
De Nemours (verrerie de Bagneaux.	67	32	1	
De Bohême (verrerie). . .	68	29	2	traces

Les creusets peuvent être fabriqués par divers procédés. On peut les tourner, les mouler ou les couler.

Le procédé du tournage, le plus simple et le plus expéditif, ne donne que de médiocres résultats, et ne s'emploie guère que pour de petites pièces, n'ayant à résister qu'à une température relativement modérée. Le moulage, où l'on peut exercer sur la matière des pressions énergiques, permet d'obtenir des creusets plus compacts, bien homogènes et plus résistants. On a imaginé dans ce but plusieurs machines, dont il est d'ailleurs facile de concevoir le fonctionnement, on peut citer, entre autres, celle due à M. Serizier, qui se compose d'un moule en coquille que l'on enduit de pâte, et dans lequel on fait entrer avec une pression plus ou moins grande, un noyau en fonte qui est porté à l'extrémité d'un arbre tournant sur lui-même. Le tout est disposé sur un banc analogue à un banc de tourneur. Ce procédé est assez avantageux pour la fabrication des creusets ne dépassant pas une taille moyenne de 0m,50 de hauteur. M. Dor, directeur des fabriques de zinc d'Ampsin-les-Huy, a construit une machine à fabriquer les creusets, spécialement réservés au traitement des minerais, creusets qui doivent ne pas être perméables au gaz, et offrir une grande résistance à l'action corrosive des scories. Les difficultés, résultant de ces conditions, ont été vaincues par la machine de M. Dor, où il fait agir trois presses hydrauliques, capables de produire une pression de 300 atmosphères également répartie sur toutes les parties du creuset. Elle se compose de trois cylindres hydrauliques, d'un cylindre à terre, reliés par un bâti de colonnes en fer. Le cylindre central a un piston de 2 mètres de diamètre, armé d'un mandrin qui épouse la forme intérieure du creuset. Au-dessus du cylindre à terre, est placée une lunette dont la forme intérieure est celle de l'extérieur du creuset, fermée par un couvercle de telle sorte que, lorsque le mandrin est descendu à fond de course dans la lunette, le vide qui reste entre ces deux organes constitue le moule du creuset. Les deux autres cylindres hydrauliques qui n'ont que 95 millimètres de diamètre sont reliés à un piston annulaire, remplissant la section libre entre le cylindre à terre et le mandrin, qui peut se mouvoir sans entraîner le piston annulaire. L'eau est injectée dans les cylindres hydrauliques à la pression de 300 atmosphères. C'est le piston annulaire qui forme résistance, quand on fait pénétrer dans le cylindre à terre, le piston annulaire et le mandrin, la terre est écrasée jusqu'à ce que sa résistance devienne supérieure à l'effort exercé par les petits pistons, tout en restant inférieure à l'effort du piston central. Celui-ci continue le refoulement et monte pendant que la terre refoule le piston annulaire qui descend, malgré la pression de 42,000 kilogrammes qu'il exerce et qui assure la compacité de la terre. Quand on ouvre le couvercle, ce même piston annulaire repousse le creuset à travers la filière, formée par le mandrin et la lunette, ce qui lui donne la forme voulue. Le procédé de coulage consiste à remplir avec de la pâte, à l'état de barbotine, un moule en plâtre, à décanter la partie qui n'a pas adhéré au moule, à laisser raffermir cette croûte, et à répéter cette opération jusqu'à ce que la matière ait atteint l'épaisseur voulue.

On ne doit faire subir aux creusets qu'une légère cuisson, suffisante pour leur faire prendre leur retraite, mais pas au delà, parce qu'ils deviennent plus sensibles aux coups de feu.

Berthier a indiqué les moyens suivants pour essayer les creusets. L'infusibilité : par un feu de 150° du pyromètre Wedgood à l'abri des fumées plombeuses ou alcalines ; la résistance : en chauffant au rouge et immergeant dans l'eau froide ; l'imperméabilité : par comparaison avec des creusets connus, en cherchant la quantité de litharge absorbée dans un temps donné.

Creusets en plombagine. Ces creusets sont formés d'un mélange d'argile et de plombagine, matière qui, contrairement à ce que son nom pourrait faire supposer, est non pas plombeuse mais bien du graphite plus ou moins pur ; bien que plus coûteux que les creusets en terre, ils leur sont souvent préférés par suite de leur propriété

de mieux résister au feu, surtout au point de vue de la cassure et de la félure, et enfin de ne pas exiger chaque fois qu'on les porte au four, un échauffement préalable, cette opération n'étant nécessaire que la première fois. C'est ainsi que dans les fonderies de bronze, où l'on emploie ordinairement des creusets en terre, on a toujours des creusets en plombagine, essayés une fois, et qui permettent, si un creuset de terre vient à casser pendant la coulée, de préparer rapidement une nouvelle potée, ce qui demanderait une ou deux heures avec un creuset en terre pour l'échauffer graduellement. Ensuite, alors qu'un creuset de terre ne peut faire que dix fontes environ, celui de plombagine peut en fournir trente; il est vrai que, si le premier coûte 0 fr. 65, le second vaut 10 francs.

Lorsqu'on destine la plombagine à la fabrication des creusets réfractaires, il est important de la débarrasser des diverses impuretés qui s'y trouvent mélangées, et, en particulier, du fer et de la chaux qui augmenteraient la fusibilité de la matière. La plombagine broyée est portée dans un four au rouge sombre pour transformer en oxyde magnétique les divers composés du fer, puis la matière est versée par une trémie sur une toile sans fin qui se déroule devant une autre chaîne sans fin, armée d'aimants qui attirent les impuretés magnétiques. Une autre méthode consiste à chauffer la plombagine granulée presqu'au rouge, et à faire passer à travers un courant de chlore gazeux. Le chlorure de fer qui se forme est ensuite entraîné par une série de lavages. Le grillage de la plombagine a transformé le sulfate de chaux en sulfure de calcium qu'on enlève aisément avec l'eau chaude, par une attaque préalable à l'acide chlorhydrique et une série de lavages.

Quant à la fabrication de ces creusets, elle se fait soit par le tournage, soit par le moulage.

Creusets en matières diverses. On a proposé pour la fabrication des creusets de nombreuses matières, se rapprochant comme classement chimique des argiles : la magnésite ou silicate de magnésie, qui ne peut servir que par l'exclusion absolue de la chaux; la bauxite ou hydrate d'alumine, exploitée dans les environs de Tarascon et d'Antibes; la stéatite, etc. Leur emploi est beaucoup plus restreint que celui des creusets en terre ou en plombagine, les plus employés avec les creusets métalliques dont il nous reste à parler.

Creusets en fer, et en acier. La fabrication des creusets en métal, destinés à la fusion de l'or et de l'argent, a toujours été un travail très délicat. Lorsque l'on emploie l'acier, les méthodes perfectionnées de la fusion de l'acier ont facilité considérablement la fabrication de ces creusets; mais avec le fer, leur établissement comporte un travail de forge des plus complexes, et qui a été très heureusement résolu dans les anciens ateliers de la maison Cavé. Au procédé de soudure de diverses pièces les unes avec les autres, on substitua un travail au marteau pilon par voie d'étirage et d'emboutissage. Les creusets ainsi formés d'une seule pièce, quoique plus coûteux que les creusets soudés, présentent une durée de service beaucoup plus prolongée, qui en fin de compte rend leur emploi économique. Nous donnerons comme exemple de ce travail la confection d'un creuset pour la fonte de l'argent, pesant 420 kilogrammes. Sa forme est celle d'un dé à coudre d'une hauteur de 0^{m},50, d'un diamètre de 0^{m},60 à l'entrée et 0^{m},50 au fond, et de 0^{m},04 d'épaisseur pour les parois.

On corroie une masse de fer formant un carré de 0^{m},60 de côté sur 0^{m},18 d'épaisseur, on l'arrondit au diamètre de 0^{m},50, puis on la forge sur champ et sur plat. Pour préparer l'emboutissage, on la forge et l'amincit sur le plat, mais sans toucher au milieu. Quand cette opération est terminée, la masse a 1^{m},20 de diamètre, elle est plate d'un côté et présente de l'autre face la forme d'une lentille convexe. Pendant que la pièce est mise à réchauffer, on arme le marteau d'un poinçon en fonte qui a la forme du creuset, et on remplace l'enclume par une matrice en forme de calotte sphérique. On emploie trois jeux de matrice dont la dernière présente exactement en creux la forme d'un creuset. Il ne reste plus qu'à forger à l'aide de ce matériel comme pour tout travail de ce genre. Afin d'éviter l'adhérence du creuset, soit au poinçon, soit à la matrice, on emploie un artifice très ingénieux, qui consiste simplement à jeter de l'eau entre les surfaces ; cette eau, en raison de la haute température du métal, prend l'état sphéroïdal et forme une couche isolante entre le creuset et les outils qui le confectionnent.

***CREUSISTE**. *T. de mét.* Ouvrier qui fabrique des creusets.

***CREUSOIR**. *T. de luth.* Outil avec lequel on creuse la table d'un instrument de musique. || *T. techn.* Atelier où l'on fabrique des creusets.

***CREUSOT** (Le). Les établissements connus sous le nom générique du *Creusot* sont une des gloires de l'industrie nationale ; des revers successifs ont marqué la première période de son existence, mais, depuis la direction de MM. Schneider, il a pris une place si considérable qu'on peut aujourd'hui le considérer comme l'établissement sidérurgique le plus vaste et le plus merveilleusement organisé du monde entier. Il comprend des houillères, des forges, des fonderies, des aciéries et des ateliers de constructions. Avantageusement situé au centre de la France, étroitement rattaché aux lignes de Bourgogne et du Bourbonnais, relié par un chemin de fer particulier au canal du Centre, dont il est distant de 10 kilomètres et qui lui donne un facile accès à la Loire, à la Saône et au Rhône, le Creusot, par les voies ferrées ou fluviales, se trouve en communication rapide avec les côtes de l'Océan et de la Méditerranée, avec les diverses régions de la France et l'étranger.

Ces établissements se composent des usines du Creusot proprement dites et d'annexes. Outre les usines, dont il sera parlé plus loin, les annexes comprennent des houillères à Montchanin et Longpendu

(Saône-et-Loire), à la Machine, près Decize (Nièvre), à Montaud-Saint-Etienne (Loire) ; des mines de fer, à Mazenay (Saône-et-Loire), à Laissey (Doubs), à Allevard (Isère), à Saint-Georges (Savoie) ; des chantiers de construction de charpentes, ponts, bateaux, etc., à Chalon (Saône-et-Loire) ; d'une usine à produits réfractaires à Perreuil (Saône-et-Loire). De plus, la Société est co-propriétaire de houillères à Beaubrun (Loire), et à Brassac (Puy-de-Dôme) ; elle a d'importants intérêts dans les usines de Jœuf (Meurthe-et-Moselle) et dans les ateliers et chantiers de constructions navales de la Gironde, à Bordeaux.

Historique. Il y a cent ans, le Creusot n'était qu'un petit hameau, nommé la *Charbonnière*, d'une population d'une cinquantaine d'âmes, établi sur un gisement houiller, dont l'existence est constatée dans des documents remontant au commencement du XVI^e^ siècle et qui se trouve au milieu des montagnes formant la ligne de partage des eaux de la Saône et de la Loire. Des vicissitudes diverses marquent le développement de ce grand centre industriel. En 1782, une société de capitalistes se constituait sous le patronage de Louis XVI, qui fût un des actionnaires, pour créer une fonderie de canons au Creusot. On érigea ensuite quatre hauts-fourneaux, et l'ingénieur anglais Williams Wilkinson, l'inventeur du cubilot pour refondre la fonte au coke, fût appelé pour construire ces fonderies. L'eau manquant pour mettre les appareils en mouvement, on dût employer, comme force motrice, la machine à vapeur perfectionnée par Watt. En 1784, pour utiliser les sables du pays, une cristallerie avait été créée au Creusot, sous les auspices de la reine Marie-Antoinette ; elle fonctionna jusqu'en 1832, époque à laquelle elle fut achetée par Baccarat qui l'éteignit.

La création du canal du Centre, ouvert à la navigation à la fin de 1793, dota le Creusot d'une voie de communication très importante. Pendant la Révolution et l'Empire, il travailla pour le Gouvernement ; il fabriqua des projectiles, des canons de fonte et de bronze. En 1815, avec la paix, il fût obligé de suspendre ses travaux. Acheté en 1818 par MM. Chagot, ceux-ci le cédèrent, en 1826, à la Société Manby-Wilson et C^e^ et cette Société, après avoir essayé d'appliquer les nouveaux procédés anglais relatifs à l'affinage et au soudage du fer à la houille, aboutit à une faillite, le 25 juin 1833. Repris par MM. Coste frères, Jules Chagot et autres, le Creusot fut enfin cédé, au mois de décembre 1836, à MM. Schneider frères et C^e^.

A la mort de M. Adolphe Schneider (3 août 1845), M. Eugène Schneider resta seul à la tête du Creusot et c'est alors que fût adoptée la raison sociale : Schneider et C^e^ ; enfin, depuis la mort de ce dernier (29 novembre 1875), M. Henri Schneider, son fils, est seul gérant de la Société, dont il était déjà co-gérant depuis 1867.

MM. Schneider frères arrivèrent au Creusot au moment où les chemins de fer et la navigation à vapeur allaient donner une immense impulsion à l'industrie métallurgique ; ils comprirent immédiatement que, pour répondre aux exigences d'une nouvelle situation, il fallait tout d'abord donner à l'usine des développements qui devenaient nécessaires. Un atelier de constructions mécaniques fut créé et, en 1838, la France vit sortir du Creusot la première locomotive qui eût été fabriquée sur son sol. En 1839, l'usine avait déjà fourni des locomotives pour les chemins de fer de Saint-Germain, de Versailles, de Saint-Etienne à Roanne, des bateaux à vapeur pour la Saône et le Rhône. Tout ce matériel avait été construit à l'aide d'un outillage relativement imparfait et par contre insuffisant ; c'est alors que M. Bourdon, ingénieur des ateliers, inventa un engin nouveau, d'une grande puissance, qui devait permettre de forger facilement de grosses pièces ; le 19 avril 1842, MM. Schneider prenaient un brevet pour le marteau-pilon. Avec cet outil, le Creusot put construire les appareils de frégates de 450 chevaux et les paquebots le *Labrador*, le *Canada*, le *Caraïbe*, l'*Orénoque* et l'*Albatros*.

Le Creusot continua de se développer pour ainsi dire d'année en année. En 1855, au moment de la guerre de Crimée, il rendit les plus grands services en livrant très rapidement un nombre considérable de machines pour vaisseaux de guerre : en sept mois, il construisit dix-sept machines de 150 chevaux pour canonnières et batteries flottantes, il acheva quatre machines de 650 chevaux pour vaisseaux de ligne et commença trois machines de 800 chevaux pour frégates (1). Mais en 1860, les traités de commerce vinrent changer la face des choses ; l'abaissement des droits d'entrée ouvrait toutes grandes les portes de la France à la concurrence étrangère. La situation était critique ; il fallait vaincre ou mourir, l'industrie française n'avait pas d'autre alternative. MM. Schneider ne désespérèrent pas, ils acceptèrent sans hésiter la lutte ; aucun sacrifice ne leur coûta ; désarmés devant l'étranger mieux outillé et produisant dans de meilleures conditions, ils modifièrent et complétèrent leur outillage ; l'usine fût pour ainsi dire renouvelée. Le nombre des hauts-fourneaux s'accrut successivement ; une nouvelle forge, capable de suffire à une production annuelle de 150,000 tonnes, fut construite ; les voies ferrées de l'usine augmentées et prolongées jusqu'aux mines de fer de Mazenay ; une ligne télégraphique fut établie pour mettre en communication les divers services ; une briqueterie importante fut aménagée au bord du canal du Centre.

Le succès vint couronner tant d'efforts. En 1867, le Creusot présenta au public, pour la première fois, une classification méthodique et rationnelle de ses fers et tôles par qualités appropriées à toutes les applications. Cette classification est aujourd'hui presque universellement adoptée. C'est vers cette époque que l'industrie de l'acier fit son apparition au Creusot qui employa d'abord le procédé Martin-Siemens, et ensuite et concurremment le procédé Bessemer. De ce moment date la fabrication des rails d'acier, des tôles et des barres en acier doux pour la construction des navires de guerre (application nouvelle pour laquelle la France a devancé de plusieurs années l'Angleterre), de canons en acier ; c'est ainsi que le Creusot put contribuer pour une large part, au renouvellement du matériel d'artillerie de l'armée de terre et de la marine.

En 1873, on installa un atelier pour la fabrication des bandages en acier destinés aux roues de locomotives et de vagons et pour le forgeage des grosses pièces en acier. En 1876, pour l'exécution des arbres des grosses machines marines, des canons de fort calibre en une seule pièce, MM. Schneider et C^e^ construisent un marteau-pilon de 100 tonnes, dont la puissance n'a encore été égalée dans aucune autre usine du monde. Vers cette date, poursuivant les applications des propriétés spéciales de l'acier, ils obtiennent à Spezia un succès éclatant dans des essais de plaques de blindage de grande épaisseur (55 centimètres), et désormais la fabrication des blindages en acier, au moyen du marteau-pilon de 100 tonnes et de l'outillage accessoire de proportions colossales qu'il nécessite, forme une des industries les plus importantes du Creusot qui, à l'Exposition internationale de 1878, put exposer, dans son pavillon du Champ de Mars, une plaque de blindage du poids de 65 tonnes et un lingot d'acier de 120 tonnes. — V. Cuirassement.

(1) Il est à noter que le cheval-vapeur, qui correspond à 75 kilogrammètres, était compté à cette époque par la marine à raison de 225 kilogrammètres, de sorte que, une machine de 800 chevaux d'alors représente une machine de 2,400 chevaux d'aujourd'hui. Les derniers appareils que le Creusot a étudiés pour la marine sont d'une puissance de 12,000 chevaux.

Toujours à la recherche du progrès, le Creusot s'est assuré, en 1879, le droit de fabriquer l'acier par le procédé Gilchrist Thomas, procédé dit de *déphosphoration*, et a été le premier à l'appliquer en France. Les principaux ateliers et les bureaux d'études des Ingénieurs sont maintenant éclairés à la lumière électrique. Le tableau suivant, qui contient quelques chiffres de production pris à différentes époques, permet de se faire une idée des développements successifs du Creusot et des progrès accomplis, depuis que MM. Schneider en ont pris la direction.

	1837-1838	1847-1848	1857-1858	1867-1868	1877-1878	1880-1881
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Houilles	60.000	100.000	145.000	230.000	550.000	579.000
Fontes	5.000	18.000	45.000	133.000	155.000	173.000
Fers	2.500	16.000	38.000	99.000	125.000	145.000
Aciers	»	»	»	»		
Ateliers de constructions	1.000	4.500	8.000	16.000	24.500	26.000

La surface occupée actuellement par les bâtiments, dépendances et annexes des usines Schneider est de 423 hectares 28 centiares.

Cette superficie se décompose ainsi :

	Hectares
Bâtiments et ateliers	24.29
Cours et dépôts	184.87
Emprises des chemins de fer	68.15
Logements du personnel	8.67
Jardins	137.30
Total	423.28

auxquels il convient d'ajouter 731 hect. 47 cent. pour terrains agricoles (terres, prairies, bois, etc.).

Ce qui donne un total général de plus de 1,100 hectares.

L'effectif du personnel comprend 15,500 agents et ouvriers, répartis de la façon suivante entre les divers services :

Mines de fer	2.000
Houillères	5.000
Hauts-fourneaux	700
Aciéries	800
Forges	2.700
Ateliers de constructions	2.800
Chemins de fer et services divers	1.500
Total	15.500

Il existe pour le service particulier des usines plus de 300 kilomètres de chemin de fer, tant à la voie normale qu'à petite section. 422 appareils de voie (changements, croisements et plaques tournantes) sont nécessaires pour la manœuvre du matériel roulant spécial du Creusot, qui comprend 27 locomotives et 1,518 wagons.

La force motrice est donnée aux 1,050 machines-outils et engins de toutes sortes par 290 machines à vapeur d'une force totale de près de 15,000 chevaux.

En outre, 60 marteaux-pilons (1) actionnés directement, y fonctionnent actuellement.

En 1880-81, on a consommé, pour satisfaire à la production, les quantités de matières suivantes :

Houilles	621.000 tonnes.
Cokes	200.000 —
Minerais	517.000 —
Eau	3.600.000 mèt. c.
Gaz	2.800.000 —

En supposant tous les appareils en marche, la capacité de production de ces établissements serait :

Houilles	700.000 tonnes.
Fontes	200.000 —
Fers et aciers	160.000 —
Ateliers de constructions	30.000 —

Plus de 30,000 tonnes de ponts métalliques ; des bateaux à vapeur pour la navigation fluviale, des machines marines, des machines fixes, des engins et machines-outils de grande dimension, plus de 2,500 locomotives, des rails de chemins de fer, des barres et tôles en fer ou en acier absorbées par les besoins réguliers du commerce et de l'industrie, des plaques de blindage, des canons et des affûts, tel est l'ensemble formidable de produits et de constructions qui font du Creusot un établissement d'ordre exceptionnel dans l'industrie française.

Le Creusot a présenté ses produits aux Expositions qui ont eu lieu tant en France qu'à l'étranger et partout il a obtenu, pour ses différentes industries, les plus hautes récompenses. A l'Exposition universelle de 1867, à Paris, MM. Schneider et C^ie^, à l'appui de la nouvelle classification méthodique qu'ils venaient d'établir, mirent sous les yeux du public des spécimens des différentes qualités de fonte, fer et tôle respectivement appropriées à tous les emplois industriels et à tous les besoins du commerce. En 1873, à l'Exposition de Vienne, une classification analogue fût appliquée à l'acier et l'on put voir une série d'échantillons d'acier classés depuis l'acier le plus doux jusqu'au plus dur, en passant par toutes les qualités intermédiaires. A l'Exposition universelle de 1878, le Creusot s'attacha surtout à montrer de quelles ressources il disposait pour la construction du matériel d'artillerie, au point de vue de l'attaque comme au point de vue de la défense. On se rappelle les corps de canons, les tubes, les frettes, les plaques de blindage avec le nouveau système d'attache exposés dans le pavillon du Champ de Mars, sans parler du marteau-pilon de 100 tonnes.

Il est intéressant de jeter un coup d'œil rapide sur les principales installations du Creusot et de ses annexes.

Houillères. La houille qu'on exploite au Creusot appartient à l'important bassin du Centre. Les couches qui affleurent sur le pourtour de ce bassin s'enfoncent rapidement à une grande profondeur sous les grès bigarrés. Les produits extraits consistent principalement en houilles maigres et anthraciteuses, dans la partie nord des exploitations, et en houilles maréchales et demi-grasses, dans les galeries prolongées plus au sud sous les grès bigarrés. L'exploitation se fait généralement par puits et galeries, en employant la méthode dite *en travers*, excepté, toutefois, au *découvert de la Croix* où l'on a continué les anciens travaux d'extraction à ciel ouvert. L'attaque des galeries souterraines, qui se faisait jadis suivant la méthode dangereuse des *éboulements*, se poursuit actuellement par celle des *remblais* ; dans la plupart d'entre elles la manutention des vagonnets est opérée par des chevaux.

La houille est extraite par sept puits dont les plus importants sont les puits Saint-Pierre et

(1) Y compris le marteau de 100 tonnes.

Saint-Paul, situés tout près de la gare des voyageurs. Toutes les installations de ces puits, tant à l'intérieur qu'à la surface, ont été aménagées avec le plus grand soin et on y a appliqué tous les perfectionnements susceptibles d'assurer avec sécurité le fonctionnement rapide des cages d'extraction.

Le criblage et le triage de la houille s'effectuent immédiatement après sa sortie des puits ; d'abord à l'aide de cribles à secousses qui opèrent la séparation par grosseur, les plus gros morceaux sont entraînés par des toiles sans fin sur lesquelles on opère le triage. Quant à la houille menue, qui contient toujours une forte quantité de matières terreuses et de schistes, elle est séparée de ces matières étrangères par un lavage mécanique fondé sur la différence des densités.

Le puits Saint-Laurent est spécialement affecté à l'épuisement de la mine. A cet effet, on y a établi six corps de pompe débitant en moyenne 3,000 mètres cubes en vingt-quatre heures et qui sont actionnés directement par une machine de Woolf de 300 chevaux de force.

Hauts-fourneaux. On traite dans les *hauts-fourneaux* plusieurs sortes de minerais.

D'abord le *fer oolithique* de la mine de Mazenay, appartenant à MM. Schneider, et dont le minerai est amené à pied d'œuvre par un chemin de fer spécial. On exploite à Mazenay un gîte de 8 kilomètres de long sur 1 de large et d'une puissance de $0^m,50$ à $2^m,50$. La profondeur des puits d'extraction n'excède pas 40 mètres. Le rendement de ce minerai, dont la gangue est calcaire, est en moyenne de 28 0/0 ; employé seul, il donnerait des fers de qualité inférieure. Aussi, rencontre-t-on également, sur la plate-forme des hauts-fourneaux, l'excellent *fer oxydulé magnétique* de Mokta-el-Hadid, dont le rendement va jusqu'à 65 0/0, et qui donne des produits comparables aux fers de Suède ; des minerais de Bilbao (*Campanil très pur*) dont le rendement est de 50 0/0 environ. Enfin, le *fer oligiste* de l'île d'Elbe, les minerais spathiques et manganésifères de Saint-Georges (Savoie) et d'Allevard (Isère). Dans cette dernière mine, les minerais sont descendus des niveaux des travaux souterrains au fond de la vallée où passe la ligne du chemin de fer P.-L.-M., au moyen de plusieurs plans inclinés dont les longueurs varient entre 450 et 560 mètres et dont les pentes sont comprises entre 40 et 50 centimètres par mètre. Les câbles de ces plans inclinés sont en acier et s'enroulent sur des tambours dont les diamètres atteignent jusqu'à 6 mètres.

Les hauts-fourneaux sont tous alimentés au coke qu'on fabrique aux usines mêmes avec des houilles grasses du bassin de la Loire mélangées d'anthracite du Creusot.

Le broyage du mélange s'opère dans les appareils Bérard et Carr.

La carbonisation est effectuée dans 190 fours belges horizontaux et 13 massifs de fours Appolt à 18 compartiments chacun. On fabrique ainsi, en vingt-quatre heures, environ 520 tonnes d'un coke très dense et bien agglutiné. Il est, en outre, très peu sulfureux, ce qui explique la bonne qualité à chaud des fers du Creusot.

On compte 13 hauts-fourneaux. Plusieurs sont revêtus extérieurement en briques ; mais les plus récemment construits sont à enveloppes métalliques du type écossais. Un massif d'une douzaine de mètres de haut et de 500 mètres de long domine d'un côté les hauts-fourneaux et permet l'arrivage facile sur la plate-forme des gueulards du minerai, du combustible et des fondants. La production de la fonte est d'environ 500 tonnes par jour.

L'air nécessaire à la combustion dans ces hauts-fourneaux est chauffé à la température d'environ 600° dans les fours Siemens, présentant des dispositions particulières des systèmes Whitwell et Cowper. Ils sont alimentés par le gaz qu'on recueille aux gueulards des fourneaux à l'aide de prises de gaz spéciales. Une partie de ces gaz chauffe aussi les chaudières des *machines soufflantes*. Ces machines, qui sont très puissantes, forment trois groupes distincts : 1° un premier groupe de 3 machines horizontales à grande vitesse, 2° 4 machines verticales à action directe de 200 chevaux chacune ; 3° 2 machines verticales de 250 chevaux. Dans ces dernières, de construction récente, le cylindre à vent est placé au-dessus du cylindre à vapeur. Enfin, deux cheminées servent à produire le tirage nécessaire au chauffage des générateurs. La plus ancienne de ces cheminées est en briques et mesure 75 mètres de haut ; l'autre, qui est complètement en tôle, atteint une hauteur de 85 mètres.

Grande forge. La grande forge a remplacé, depuis l'année 1862, l'ancienne forge qui, bien que considérable, ne pouvait plus suffire à l'exécution des commandes de fer marchand et de rails que le Creusot recevait de toutes les parties du monde.

Les nouveaux bâtiments, situés à une extrémité de l'usine près de la gare spéciale et des aciéries, couvrent une superficie de 12 hectares. Ils s'étendent sur une longueur d'un demi-kilomètre, et comprennent six parties principales, savoir : deux halles de puddlage, une halle de laminage, une halle de finissage des rails, un atelier de réparation et un magasin à fers. Une cour centrale de 40 mètres de largeur est ménagée entre ces divers bâtiments que des voies ferrées convenablement disposées desservent dans tous les sens. La charpente de ces immenses constructions est entièrement métallique.

La fonte d'affinage est amenée des hauts-fourneaux à proximité des deux bâtiments de puddlage. Là, on la partage en charges destinées à être converties en fer dans les 100 fours à puddler que ces bâtiments renferment. Ces fours sont disposés en fer à cheval dans chacune des deux halles. Dans l'espace resté libre, sont installés deux groupes de neuf marteaux-pilons chacun, où l'on travaille les *loupes* immédiatement après leur sortie des fours. Quatre trains ébaucheurs, actionnés par quatre machines horizontales de 200 chevaux chacune, complètent l'aménagement des halles de puddlage où l'on utilise, du reste, les chaleurs perdues, au chauffage des chaudières

à vapeur verticales annexées au massif des fours. La halle de laminage, où s'exécutent les opérations subséquentes, est un immense bâtiment à cinq travées qui mesure 380 mètres de longueur sur 100 mètres de largeur. Ce bâtiment offre au visiteur un coup d'œil vraiment féerique. A droite est disposée une longue file de fours à reverbère, où l'on soude les *paquets* de fer destinés au laminage. Au centre de la halle sont établis 20 trains de laminoir mus par 15 machines d'une force totale de 6,000 chevaux. 12 de ces trains sont destinés à la fabrication des rails et des fers profilés, les 8 autres sont des trains à tôles. Le volant d'une des machines motrices atteint 10 mètres de diamètre et pèse 60,000 kilogrammes.

La quantité énorme de vapeur nécessaire à la marche de ces appareils, est en grande partie fournie par des chaudières verticales chauffées par les chaleurs perdues des fours à reverbère comme les chaudières des halles de puddlage.

L'eau nécessaire à l'alimentation de ces vastes usines est contenue dans un grand étang situé derrière les bâtiments de la grande forge. Cet étang, d'une contenance de 300,000 mètres cubes, reçoit toutes les eaux venant de la ville ainsi que le résultat de la condensation des machines et de l'exhaure de la mine. Six pompes mues chacune par une machine de 50 chevaux élèvent les eaux de cet étang dans trois grands réservoirs dont l'un sert pour la forge et les deux autres pour le reste de l'usine.

Aciéries. Les *aciéries* sont outillées pour la fabrication des aciers d'après les procédés Bessemer, Martin-Siemens et les nouveaux procédés basiques. Trois groupes de *convertisseurs* Bessemer et 7 fours Martin-Siemens, et un groupe de 2 fours à puddler rotatifs y sont installés. Dans les premiers, on réduit la fonte liquide ou on la *convertit* à l'aide d'une forte injection d'air qui brûle tous les corps étrangers au fer; on la ramène, à la fin de l'opération, à l'état d'acier, par une addition de *spiegeleisen* (fonte blanche manganésifère). Le vent nécessaire à cette fabrication est donné par deux puissantes machines soufflantes d'une force totale nominale de 1,300 chevaux, et qui peuvent développer, dans certains cas, jusqu'à 2,000 chevaux.

Tous les engins de l'atelier des Bessemer, tels que grues, monte-charges, etc., sont mus par la force hydraulique. L'eau employée à cet usage est fournie à une pression de 20 atmosphères, par un accumulateur, où elle est préalablement refoulée par deux machines spéciales de 40 chevaux chacune.

Dans le procédé Martin, on utilise, pour la fabrication de l'acier, les hautes températures produites par les fours à chaleur régénérée du système Siemens. Dans un bain de fonte pure, on dissout du fer doux, auquel on mélange les rognures d'acier provenant de la forge; on affine la masse au contact de l'air et, en réglant cet affinage, en dosant convenablement les matières employées, on arrive à produire des aciers Martin de qualité supérieure propres à la fabrication de toutes sortes de pièces pour machines et chemins de fer.

Aux deux fours rotatifs faisant chacun douze charges de 1,000 kilogrammes par journée de 12 heures, on obtient des fers doux de qualité supérieure, à teneurs en phosphore et soufre inférieures à 0,01, et destinés à être refondus aux fours Martin-Siemens.

Ateliers de forgeage. Ces ateliers comprennent le forgeage à la main et le forgeage à vapeur. Ce dernier est de beaucoup le plus intéressant. Il a été créé pour la fabrication des grosses pièces en acier destinées aux chemins de fer, à l'artillerie, à la marine, etc. Il comprend un laminoir à bandages et plusieurs marteaux-pilons. Le laminoir peut fabriquer une moyenne annuelle de 12,000 tonnes. Les marteaux-pilons sont de 8, 10, 15, 20, 40 et enfin de 100 tonnes. L'atelier de bandages possède aussi des fours à gaz Siemens, connus pour leur économie de combustible, des appareils destinés au maniement des pièces à forger, des chantiers de trempe et de recuit. Ces ateliers de forgeage fabriquent des pièces d'acier pour machines, des canons, blindages et du matériel de chemins de fer.

Le *marteau-pilon de 100 tonnes* est une véritable merveille métallurgique. Il dépasse de beaucoup en puissance tous les autres marteaux à vapeur connus. En voici les dimensions principales : le poids de la masse active est de 100 tonnes; la hauteur de chute du pilon est de 5 mètres; cette hauteur de chute, multipliée par le poids de 100,000 kilogrammes, donne un travail en partie utilisable de 500,000 kilogrammètres (le marteau d'Essen de 50 tonnes a une puissance plus de trois fois moindre). Le diamètre du cylindre à vapeur, dans lequel se meut le piston qui actionne le marteau, est de $1^m,90$, d'où résulte une surface de 27,345 centimètres carrés, en déduisant la section de la tige, qui est de 36 centimètres, ce qui, pour une pression de vapeur de 5 atmosphères, permet d'exercer sur le piston un effort de 140 tonnes. On voit que la force dont on dispose permettrait d'augmenter au besoin le poids du marteau. C'est ainsi que le marteau qui, au début, n'avait qu'une puissance de 80 tonnes, a pu être porté à celle de 100 tonnes. La hauteur disponible sous l'arcade formée par les bâtis est de $3^m,20$ et la largeur disponible de $7^m,50$. L'espace qu'on s'est ainsi ménagé est largement suffisant pour la manœuvre des plus grosses pièces.

Deux énormes jambages, réunis en forme d'A, supportent la masse active, l'entablement et le cylindre à vapeur. La chabotte et l'enclume, indépendants du reste, pèsent ensemble 750,000 kilogrammes. Enfin, pour terminer, disons que le poids total des parties métalliques de l'outil s'élève à 1,280 tonnes.

Quatre fours, munis chacun d'une grue métallique, servent à la préparation des pièces à forger. Des quatre grues, trois ont une puissance de 100 tonnes, et la force de la quatrième va jusqu'à 160,000 kilogrammes. Pour la manœuvre des pièces, chaque grue peut exécuter quatre mouvements, savoir : 1° un mouvement de rotation autour du pivot; 2° un mouvement d'ascension ou de descente de la charge; 3° un mouvement de

translation de celle-ci dans le sens de la longueur; 4° un mouvement de rotation de la charge sur elle-même. Quant aux fours, qui sont chauffés au gaz, leur compartiment intérieur a une longueur de 4m,30, une largeur de 3m,40 et une hauteur sous voûte de 2m,60. Enfin, le marteau, les fours et les grues fonctionnent dans un bâtiment entièrement métallique, dont les dimensions sont : 50 mètres de longueur, 35 mètres de largeur et 17 mètres de hauteur au-dessous des fermes. Telle est, dans son ensemble, ou plutôt dans ses principales parties seulement, l'installation du fameux marteau-pilon.

Ateliers de constructions. Les *ateliers de constructions* mesurent 500 mètres de longueur sur 150 de largeur moyenne. Ils comprennent les fonderies de fonte et de bronze, les forges à main, la chaudronnerie, les ateliers de tournage, d'ajustage et de montage.

La fonderie de fonte de fer se compose de deux parties distinctes, dont l'une contient 3 cubilots et l'autre, y compris son annexe, 7 cubilots et un four à reverbère ; c'est dans cette annexe que se fabriquent les lourds voussoirs destinés aux tourelles cuirassées en fonte dure que le génie emploie dans quelques-uns de ses nouveaux forts. Ces fonderies sont actuellement desservies par des grues à vapeur ou des grues actionnées par une transmission mécanique. Les forges à main sont installées dans un bâtiment qui contient 27 marteaux-pilons à vapeur de différentes dimensions. On y travaille les pièces de dimensions moyennes et les petites pièces en fer ou en acier, telles que pièces de mécanisme de locomotives, de machines fixes, de machines marines, frettes en acier puddlé ou en acier fondu ponr canons de petits et moyens calibres, etc., etc. Au sortir des forges à main, la plupart des pièces de fer et d'acier ne sont qu'ébauchées : on leur donne les formes définitives dans les ateliers de tournerie et d'ajustage, et on les assemble ensuite dans les ateliers de montage. Les travaux de machines qui forment la base d'alimentation des ateliers de constructions sont ceux qui se rapportent à l'industrie de la construction des locomotives et à celle de la construction des machines à vapeur marines, ou des machines à vapeur dites machines fixes. Les ateliers ont été installés, outillés en vue de répondre plus particulièrement à ces deux productions principales, et par suite, les différentes parties qui constituent les ateliers ont tiré leurs désignations de la production à laquelle ils sont affectés plus spécialement. Ainsi, on distingue la tournerie, l'ajustage, le montage des chemins de fer et la tournerie, l'ajustage, le montage de la marine, etc. Toutes ces parties renferment un outillage nombreux et puissant, toujours tenu, par des additions nouvelles ou des modifications, au courant des progrès les plus récents apportés dans cette industrie spéciale des machines-outils, qui économise la main-d'œuvre, augmente la production et permet de ne demander à l'ouvrier que sa force intellectuelle, de façon à se rapprocher le plus possible de la perfection, du fini, de la précision, de plus en plus recherchés dans la construction des machines.

La chaudronnerie de fer, comme les ateliers dont on parle ci-dessus, est divisée en deux parties distinctes : celle des locomotives et celle de la marine et des machines fixes. Dans ces deux parties, le travail qui se faisait autrefois à la main se fait presque exclusivement, aujourd'hui, à l'aide d'engins mus mécaniquement.

On y remarque des riveuses hydrauliques, des presses hydrauliques à emboutir, des machines à cintrer, des machines à percer à forets multiples, entre autres une machine à 35 forets; des cisailles, des poinçons, etc. Une chaudronnerie de cuivre est annexée à ces chaudronneries. Dans tous ces ateliers divers, les manœuvres des pièces les plus lourdes se font rapidement et facilement, à l'aide de grues roulantes mues mécaniquement dans un grand nombre de cas.

Autrefois la force motrice était divisée; on tend à la produire aujourd'hui à l'aide d'un minimum de moteurs puissants empruntant leur vapeur à une conduite générale, de façon à diminuer les pertes de force qu'entraînent toujours, dans ce cas, des moteurs multipliés. C'est ainsi que déjà les ateliers d'ajustage des chemins de fer et les chaudronneries ont leurs outils entraînés par deux machines Corliss pouvant développer, l'une et l'autre, environ 150 chevaux. Ces machines, dont le Creusot exploite le brevet, sont actuellement pour ainsi dire l'expression du dernier progrès apporté dans la machine à vapeur d'atelier, et les spécimens que cette Société montre dans son établissement sont d'un fini qui ne peut être dépassé; l'une d'elles a figuré à la dernière Exposition de Bordeaux.

Les ateliers de constructions renferment également les ateliers d'usinage de canons, c'est-à-dire les ateliers dans lesquels les tubes, corps, frettes de canons en acier de la nouvelle artillerie de terre et de mer sont forés, tournés, alésés et où les canons finis sont rayés. Cette industrie toute spéciale exige des aciers de la meilleure qualité, impose des soins extrêmes dans le travail et comporte un outillage nombreux et varié de tours, foreuses, rayeuses, permettant d'usiner depuis la pièce de montagne, pesant 100 kilogrammes, jusqu'au gros canon de marine, pesant 100 tonnes; depuis la pièce ayant à peu près 1 mètre de long jusqu'à celle qui peut atteindre de 12 à 15 mètres.

Polygone. Comme complément indispensable des installations pour la fabrication des plaques de blindage et celle du matériel d'artillerie, le Creusot possède un polygone où peuvent s'exécuter les expériences de tir sur les plaques de blindage et les épreuves de résistance des bouches à feu ou de leurs éléments. Ce polygone relié à l'usine par une voie ferrée, est d'ailleurs tout à fait à proximité des ateliers, avec lesquels il communique par un réseau téléphonique. Il comprend des chambres à sable, des casemates, des installations pour la mesure des vitesses des projectiles, etc.

Chemins de fer. Le service des chemins de fer

spéciaux présente un développement de 300 kilomètres environ. Il se compose principalement d'une gare spéciale ou *gare privée du Creusot-Usine*, située entre la grande forge et les aciéries. De cette gare partent les voies qui rayonnent dans toutes les parties de cet immense établissement, ainsi que les lignes particulières qui unissent le Creusot au canal du Centre et aux mines de Mazenay. Elle renferme un dépôt de locomotives et un atelier de réparations de vagons. Elle est reliée à la *gare du Creusot-Ville* (P.-L.-M.), par l'intermédiaire d'un faisceau de nombreuses voies de garage qui constituent ce qu'on appelle la *gare mixte*.

Le service est assuré à l'aide de 17 locomotives-tenders de 25 et 38 tonnes et de 700 vagons de divers types, dont la limite de chargement varie de 10 à 20, 40, 60 et 100 tonnes.

Il est organisé pour desservir tous les ateliers et pour relier la gare de l'usine à la plate-forme des hauts-fourneaux, au port de Montchanin et au Canal du Centre, aux mines de Montchanin, aux mines de Mazenay et à celles du Montceau.

Ce service comprend 50 à 60 trains réguliers par jour, donnant un tonnage journalier de 7,000 tonnes transportées à une distance moyenne de 10 kilomètres, soit pour une année 21,000,000 de tonnes kilométriques.

Les *services divers* d'entretien du Creusot comprennent plusieurs annexes où sont occupés les ouvriers des divers corps d'état employés à l'entretien et aux réparations des nombreuses constructions de l'usine. C'est sous la direction des Ingénieurs de ces services qu'ont été édifiés les bâtiments principaux des usines, l'hôpital, les églises, les écoles et encore d'autres constructions affectées à divers services municipaux.

Usines et chantiers divers. Le Chantier de Chalon-sur-Saône est une annexe importante du Creusot qui est désigné dans la région sous le nom de *Petit-Creusot*. On y construit les ponts métalliques de toutes portées, les caissons pour fondations à l'air comprimé, les charpentes et planchers; le matériel de navigation, tels que docks flottants, coques de bateaux, chalans, dragues, barrages, etc.; le matériel de chemin de fer: tenders, vagonnets, changements de voie, etc.; le matériel des mines et usines : cages, vagons, bennes, brouettes, lavoirs, cheminées, etc.; le matériel d'artillerie : affûts, voitures, etc.; les chaudières à vapeur. Enfin, ce chantier comprend un atelier de zingage pour les pièces des plus grandes dimensions. Les nombreux bateaux à vapeur du Rhône et de la Saône sont primitivement sortis presque tous du chantier de Chalon : de grands ouvrages d'art pour les chemins de fer ou les travaux publics y ont été construits, entr'autres: le viaduc de Fribourg, le pont de Brest, les grands ponts sur le Danube, à Vienne, à Linz, le pont tournant de Missiessy à Toulon, le magnifique pont en arc à El Cinca, en Espagne, et un grand nombre de viaducs ou de ponts pour les chemins de fer de France et de l'étranger. L'artillerie y a fait construire de nombreux affûts métalliques en acier de son nouveau matériel.

L'établissement de *Perreuil* permet au Creusot de fabriquer lui-même les briques et les pièces céramiques spéciales dont il a besoin pour ses nombreux fours. Cet établissement peut fournir annuellement plus de 3 millions de briques de diverses sortes.

Institutions de bienfaisance. A mesure que l'usine se développait, la ville du Creusot prenait de l'extension; MM. Schneider et C^ie^ apportèrent tous leurs soins à subvenir aux besoins matériels et moraux d'une population qui augmentait chaque jour. Ils firent tout pour donner le bien-être à leurs ouvriers et aux habitants de la ville, et le Creusot, qui n'était d'abord qu'une petite bourgade, compte maintenant au nombre des principales villes du département. Les chiffres suivants donneront une idée du mouvement de la population.

1836. .	2.700 habitants.	1860. .	16.000 habitants.
1841. .	4.000 —	1866. .	23.800 —
1846. .	6.300 —	1872. .	25.000 —
1851. .	8.000 —	1882. .	28.100 —
1856. .	13.400 —		

Pour fournir à la ville l'eau qui lui était nécessaire, on a exécuté plusieurs travaux, notamment des bassins, dans lesquels étaient recueillies les eaux descendant des collines voisines, des puits, etc. Mais bientôt la quantité d'eau ainsi obtenue n'a pas été suffisante; il a fallu en amener d'une commune voisine, Saint-Sernin, par une conduite de 6,500 mètres, au moyen d'un siphon de 78 mètres de hauteur et d'un souterrain de 450 mètres de long. Cette eau est distribuée par des bornes-fontaines, sur le pied de 500 mètres cubes par vingt-quatre heures. La population ayant encore augmenté, on a été obligé cette fois d'aller chercher l'eau au loin. L'administration a fait dériver le Rançon, petite rivière qui sort du plateau d'Antully et vient se jeter dans le Mesvrin, à côté de Broye, et l'a amené au Creusot par une conduite en fonte et ciment de 22 kilomètres, capable de débiter jusqu'à 10,000 mètres cubes par vingt-quatre heures.

On a dû, comme dans tous les grands centres industriels, se préoccuper de loger économiquement le nombreux personnel d'ouvriers occupés dans les usines. Le système, employé actuellement pour atteindre ce but, est celui des cités ouvrières, composées de maisons isolées, entourées de jardins spacieux et placées par suite dans les conditions hygiéniques les plus favorables. Les anciennes casernes d'ouvriers si malsaines, si incommodes à tous les points de vue, ont disparu complètement, pour faire place à de petites maisons. Ces maisons sont de deux types principaux: les habitations pour contre-maîtres et celles qui sont destinées aux ouvriers. D'après le système philanthropique, adopté pour toutes les cités ouvrières bien organisées, les loyers sont réduits à un chiffre très faible et l'ouvrier laborieux peut aisément, moyennant le paiement d'annuités, devenir, au bout de quelques années, propriétaire de la maison et de ses dépendances.

L'éducation et l'instruction des enfants des ouvriers a été l'une des préoccupations constantes

du fondateur de ce grand centre industriel. M. H. Schneider a continué l'œuvre de son père et lui a donné une extension considérable, tant au Creusot que dans les établissements annexes. Le nombre des élèves fréquentant les écoles et salles d'asile dépassait 6,000 en 1878 et se répartissait comme suit: 2,800 garçons, 1,700 filles et 1,500 enfants confiés aux salles d'asile.

La Compagnie ne se contente pas de loger son personnel dans les conditions indiquées ci-dessus et de pourvoir à l'instruction des enfants, l'usine intervient encore pour assurer des retraites dont elle fait seule les frais, sans retenue de salaires. Il est versé à la caisse des retraites de l'Etat, pour chaque employé ou ouvrier français ayant trois ans de service et 25 ans d'âge, 2 0/0 de la somme gagnée par le bénéficiaire; s'il est marié, la somme versée est de 3 0/0 (dans certaines années, les versements ont même été de 4 et 6 0/0). Chaque ouvrier ou employé est donc titulaire d'un livret de l'Etat; la rente de l'argent versé lui appartient définitivement.

Tout ouvrier ou employé aux usines reçoit aujourd'hui gratuitement les secours du service médical pour lui, sa femme et ses enfants; pour ses père et mère, s'ils sont à sa charge. Des secours pécuniaires sont donnés en cas de maladie.

Désireuse d'assurer un asile pour les vieillards indigents des deux sexes, la famille Schneider a récemment fondé une maison de retraite au Creusot.

* **CRIBLAGE.** *T. d'expl. de min.* Opération qui suit le broyage et qui a pour but de préparer le minerai broyé, de manière à isoler les parties riches des parties pauvres. || Dans les houillères, action de séparer les fragments de houille pour les classer selon leurs dimensions. || *T. d'agric.* Action de passer au crible des grains, de la terre.

CRIBLE. Lorsque les gerbes de blé ont été déliées et passées à la *machine à battre* (V. BATTRE LES GRAINS) la paille s'échappe à une extrémité et le *grain*, mêlé à des matières étrangères, *tombe* par son poids, ou est *conduit* par une *vis d'archimède*, ou *élevé* par une *noria* sur des appareils destinés à le débarrasser de toutes les matières étrangères qu'il peut contenir.

Ces appareils de *nettoyage* ont pour but de rendre le grain assez propre pour qu'il puisse être conduit au marché, ou tellement *net* et *choisi* qu'il puisse être employé comme pure semence. Toutes les graines cultivées, telles que le colza, le trèfle, etc., doivent être de même nettoyées et triées avant d'être vendues, ou employées en semis.

On voit que le nettoyage et le triage des grains sont des opérations complexes; aussi exigent-elles des instruments nombreux et très différents les uns des autres. En outre, ils se combinent parfois entre eux de façon à atteindre plusieurs buts simultanément. Voici la nomenclature de ces appareils:

1° Les *vans, vanneurs, soufflets, souffleurs,* ou *ventilateurs* ont pour but de débarrasser les blés par un violent courant d'air, de toutes les matières d'une *densité* notablement moindre que la leur; telles que les *balles*, les menues pailles, les graines légères; quelques vanneurs arrivent au même résultat par des secousses ou balancements qui donnent au grain un mouvement analogue à celui des vagues et amène les matières légères à la surface.

2° Les *cribles* servent à enlever du blé toutes les matières lourdes d'une grosseur supérieure à celle d'un très beau grain, ou toutes les petites mauvaises graines ou autres matières lourdes, d'une grosseur notablement plus petite que celle d'un petit grain de blé.

3° Les *trieurs* ont pour but d'isoler les plus beaux grains de blé des moyens et des petits grains, ou de grains étrangers peu différents, l'avoine, le seigle, l'orge, ou enfin de grosses mauvaises graines telles que *nielles*, *vesces*, etc.

Quelques appareils sont composés de deux ou trois appareils spéciaux: ainsi l'ensemble composé d'un *ventilateur* et d'un *crible* s'appelle un *tarare*. La combinaison d'un cribleur et d'un trieur se fait aussi quelquefois.

Le présent article est restreint à l'examen des cribleurs de diverses espèces. Les autres appareils à nettoyer ou trier les grains et graines seront examinés aux divers mots indiqués ci-dessus.

Le criblage est une opération commune à nombre d'industries; à toutes celles qui doivent purger un produit utile de matières étrangères ou nuisibles, ou classer un même produit par grosseurs diverses. Ainsi on *crible* les pierres cassées destinées à l'exécution des routes, pour les débarrasser des poussières, ou pour les classer par grosseurs. On crible les sables et les graviers pour avoir des échantillons classés de diverses grosseurs demandées pour les différents emplois, etc., etc.

Quelle que soit la matière à cribler pour nettoyage ou classement, la manière de procéder est la même; et les principes de la construction des cribles sont identiques. Il nous suffira donc d'examiner les cribles agricoles ou même seulement les *cribles à blés* pour donner une idée exacte de tous les autres.

Les plus simples cribles à grains sont des espèces de tamis, carrés ou ronds, dont le fond est un grillage plus ou moins serré, en bois ou en fil de fer, une toile métallique, une plaque de tôle ou de zinc, ou même une peau percée de trous de même forme et grandeur. Les cribleurs d'écurie pour l'avoine sont de ce genre: les trous sont assez petits pour qu'aucun grain d'avoine ne puisse y passer. Après avoir mis dans ce crible quelques litres d'avoine, on lui imprime un mouvement de balancement horizontal, interrompu de temps en temps par quelques secousses verticales, ou une combinaison de ces deux mouvements: toutes les petites mauvaises graines, la terre, la poussière, les petites pierres passent au travers des trous, et il ne reste dans le crible que de l'avoine surmontée sur un des bords des matières légères que le sassement particulier y a réunies. On enlève ces matières avec le dos de la main et on a l'avoine pure pouvant être donnée sans danger aux chevaux. Tel est le crible à avoine des petites écuries.

Le *crible* dit *allemand* se compose d'une longue grille plane rectangulaire ou trapézoïdale, formant le fond d'un canal à rebords pleins verticaux. Elle est inclinée à 45° environ et maintenue fixe par un pied en chevalet. Le haut du crible est surmonté d'une trémie dans laquelle on verse le grain à nettoyer ; ce grain dont la sortie est réglée par une vanne, glisse par son propre poids et roule sur toute la longueur de la grille dont les intervalles ne permettent pas au grain de passer, mais débarrassent celui-ci de toutes les petites graines et matières étrangères fines. Le blé nettoyé tombe au bas du crible. On le repasse au besoin une deuxième fois pour arriver à le purger entièrement de toutes les matières d'une grosseur moindre que celle d'un grain de blé. Ce crible immobile ne donne pas un travail parfait à moins que l'on n'ait soin de ne laisser couler le blé qu'en couche mince et de régler la pente de façon à modérer la vitesse de la descente. Le cribleur Boby est un perfectionnement du crible allemand. La grille a la même disposition, seulement elle est mobile sur les bords inclinés d'un cadre qui la supporte par des roulettes. Une combinaison de volant, manivelle et bielle permet de donner à cette grille inclinée un mouvement longitudinal de va-et-vient quelque peu saccadé. Ce mouvement équivaut comme effet à un énorme accroissement de la longueur du crible fixe, car la descente du grain, qui se fait en vertu de la gravité, est retardée à chaque oscillation de la grille. Il en résulte que les petites graines ont plus de temps pour traverser les orifices, c'est comme si à chaque oscillation elles étaient remontées presque à la hauteur d'où elles étaient descendues. En outre, de petits disques tournants de tôle mince enfilés sur des tringles fixes à diverses hauteurs du crible saillent entre les barreaux et désobstruent les intervalles, à chaque oscillation. Ce beau crible est très expéditif. Quelques modèles sont des cribleurs mixtes, car un ventilateur placé au sommet de la grille fait passer un violent courant d'air dans la nappe de blé au moment où elle sort de la trémie alimentaire. Le blé nettoyé tombe au bas de la grille, soit sur le plancher propre, soit dans une caisse plate, soit dans la trémie d'un *ensacheur*.

Les grilles cribleuses des tarares montrent une cinquième manière de cribler. En dessous de la trémie du *tarare*, le blé tombe au travers du courant d'air artificiel, sur une espèce de *sas* ou cadre oscillant, ayant pour fond une ou deux grilles cribleuses. La première, dite *émotteuse* ou *débourreuse* présente des intervalles, des trous ou des mailles assez grands pour laisser passer très facilement les plus beaux grains, mais non les matières plus grosses telles que les grains vêtus ou *otons*, les mottes de terre, les fragments d'épis, les menues pailles, etc. Cette grille qui est légèrement inclinée jette au dehors ces grosses matières étrangères et en débarrasse le blé qu'elle laisse passer avec les matières fines. En plaçant sous la première grille un second crible en tôle percée de trous plus petits que le grain, on débarrasse celui-ci des graines fines, de la terre et de la poussière. Cette seconde grille ou ce second crible peut être d'un des genres examinés ci-dessus, c'est-à-dire fixe incliné, ou oscillant longitudinalement ou à secousses verticales, ou enfin à *sas* oscillant.

Les tarares sont munis de grilles cribleuses de rechange permettant de nettoyer le blé, l'orge, l'avoine, et toute autre graine utile. Le criblage par mouvement rotatif convient mieux pour les appareils mus à la vapeur ou au manège et même pour les instruments à bras. Les cribleurs rotatifs peuvent être disposés de plusieurs façons. La grille, la toile métallique ou la tôle percée sont enroulées en forme de cylindres et maintenues par quelques croisillons calés sur un arbre légèrement incliné et reposant à chaque bout dans des paliers ou coussinets : on leur donne, par une paire d'engrenages coniques, ou par tout autre mode de transmission, un mouvement très lent de rotation à ce cylindre cribleur, pendant que l'on y fait tomber à l'intérieur un courant de grain sortant de la trémie alimentaire. Ce grain roule lentement dans le cylindre et pendant sa descente il passe sous lui une infinité d'orifices au travers desquels les petites matières étrangères s'échappent.

Quelques tarares, au lieu de la grille plane à petites graines, ont des cylindres cribleurs de ce genre.

Si l'on voulait classer les diverses matières à l'aide de cylindres cribleurs, on emploierait naturellement plusieurs cylindres faits de tôles percées de grands trous, de moyens et de petits. Mais il est plus simple et moins coûteux de faire un seul cylindre avec deux ou trois feuilles diversement percées. C'est alors un cribleur composé qui, bien fait, peut opérer un nettoyage parfait, un classement ou un triage. M. Calard, fabricant de tôles percées, a étudié avec soin les dimensions et les formes de trous qui conviennent pour les diverses graines et les diverses matières à éliminer. Puis M. Pernollet a imaginé ses cribles-trieurs, aujourd'hui très répandus dans les fermes et dans nombre d'industries. Nous décrirons seulement un de ces cribles-trieurs à blé.

Le cylindre unique porte trois tôles diversement percées ainsi placées, à partir du haut où le blé arrive : la première est percée de trous *longs mais étroits* laissant passer les poussières et les petites graines, la *folle avoine*, et diverses mauvaises graines longues et minces. Le blé après s'être ainsi débarrassé roule sur la seconde tôle percée de *trous ronds* d'un diamètre égal ou un peu supérieur à la grosseur d'un beau grain de blé. Comme la forme de ces grains les force à rouler comme des cylindres, ils ne passent pas dans ces trous ronds, tandis que les graines rondes aussi grosses que le blé comme la nielle, les vesces, etc., s'échappent forcément. Le blé arrive donc absolument propre sur la troisième tôle percée de trous longs mais trop étroits pour que le beau blé y passe, tandis que les grains de blé maigres, malvenus, les seigles et l'avoine ordinaire peuvent y passer. On peut aussi employer des tôles à trous triangulaires d'une forme et d'une dimension telles que les grains cassés y passent et non les grains entiers.

Les nouveaux trieurs-cribles de Pernollet sont disposés de façon à permettre de remplacer facilement les tôles, suivant la différence des blés à trier. On a alors des tôles percées de différentes espèces, et on place sur la carcasse du cylindre celles qui conviennent à la graine et au triage que l'on veut effectuer. — J. A. G.

Crible à charbon. *T. d'exploit. de min.* Dans les houillères, on se sert de cribles divers, parmi lesquels nous citerons le *crible à piston* ; la caisse à laver a de 1m,30 à 1m,50 de côté, elle est munie d'une grille à barreaux très écartés ; un piston plein, actionné par un moteur quelconque, fait successivement monter et descendre l'eau au-dessus de la grille qui ne retient que la houille lavée.

Crible hydraulique. Appareil composé d'un crible ou caisse dont le fond est formé d'une grille serrée et qui plonge elle-même dans une cuve remplie d'eau ; on imprime un mouvement à la caisse ; l'eau, à chaque oscillation, soulève les sables, et les grains métallifères plus pesants vont au fond. On emploie aussi, comme dans le Hartz, des cribles à piston lesquels font monter et descendre l'eau au-dessus et au-dessous de la grille.

CRIBLEUR. — V. l'article précédent.

CRIC. *T. de mécan.* Machine destinée à soulever à de faibles hauteurs de lourds fardeaux. Le cric le plus simple se compose d'une crémaillère engrenant avec un pignon ; sur l'axe de ce pignon est fixée une roue dentée engrenant avec un pignon sur l'axe duquel est calée une manivelle, qui est le seul organe visible à l'extérieur. Sur l'axe de cette manivelle se trouve un encliquetage qui empêche le mouvement de la crémaillère en sens contraire. L'extrémité de la crémaillère se termine par un double crochet qui donne plus de prise pour soulever le fardeau. L'extrémité inférieure porte une griffe faisant saillie à l'extérieur et glissant dans une fenêtre ménagée dans le corps du cric. Cette griffe peut s'introduire sous les fardeaux reposant sur le sol, simplement posés sur des cales.

La pièce du bois formant le corps du cric est simplement frettée pour empêcher le bois d'éclater, et porte un anneau qui facilite le transport de l'appareil.

Dans d'autres *crics dits à vis*, la crémaillère est remplacée par une vis mue par un pignon à dents hélicoïdes.

CRIN. On donne ce nom à des filaments grêles, souples et assez résistants, que l'on subdivise en deux catégories, suivant qu'ils sont d'*origine animale* ou *végétale*.

CRIN ANIMAL

Ce sont des poils longs, gros, brillants et très solides, qui recouvrent, dans certains animaux, la queue, le bord supérieur de l'encolure et les extrémités inférieures des membres. On ne donne le nom de *crin* qu'aux poils du cheval, de l'âne, du mulet, du bœuf, de la chèvre, et parfois, aussi du porc, réservant le nom de *soie*, pour indiquer plus particulièrement les poils gros, ternes et raides qui recouvrent le corps des sangliers et des porcs. Le commerce français tire, en général, le crin de notre pays, un peu d'Irlande et de la Hollande, mais surtout de l'Amérique et de la Russie.

On distingue les crins suivant leur couleur : il y a les crins blancs, les crins noirs et les crins mélangés ; cette dernière dénomination comprenant aussi bien le mélange comme couleur que le mélange par sortes, ou bien par nature d'animal. Dans les crins de même origine, on établit plusieurs sortes : 1° les *crins longs*, dits aussi *droits* ou *carrés*, ont de 0m,45 à 1 mètre de longueur et plus ; ils viennent de la queue du cheval, de l'âne, du mulet ; ceux d'Amérique adhèrent souvent encore à la peau, ou *quard* ; 2° les *crins plats*, ou *de collière*, sont de force et de longueur inégales ; ils proviennent de la crinière, et aussi, un peu, de la queue ; ils sont moins estimés que les premiers ; 3° les crins de *paturons* sont encore inférieurs, et toujours mélangés, courts et faibles ; ils proviennent des pieds ; 4° la *peigneuse* est formée par les crins venant du pansage.

La récolte du crin se fait sur les chevaux morts ou vivants, en tondant les animaux domestiques, ou ceux pris au lasso (La Plata), — en coupant quelquefois la peau garnie de poils, sur les animaux abattus. Le crin de bœuf, débarrassé des plus longs poils, par les toucheurs de bœufs ou les marchands, vient des tanneries ; il est enlevé par raclage, après macérations dans l'eau, pour séparer les débris de peau, puis dans un second bain d'eau de chaux, contenant parfois de l'orpiment. Ces crins, souvent mélangés avec les crins du veau, qui sont très inférieurs, se subdivisent en longs ou courts et en crins, avec ou sans nerfs. Les crins de chèvre ne sont vendus que lorsqu'ils sont longs ; ils s'enlèvent aux ciseaux, sur la bête ou sur la peau sèche et raidie de l'animal.

Commerce du crin. Les **crins de France** sont surtout expédiés de la Picardie, du Soissonnais, de la Champagne, quand on veut avoir la première qualité ; ceux de la Lorraine ou de la Bretagne sont moins estimés. Ils sont vendus par balles. Pour être utilisés, les poils sont *triés* à la main et séparés suivant leur qualité et leur couleur. Ce travail est fait par des femmes, et expose à quelques maladies, comme la pustule maligne, avec les peaux en suint et les peaux fraîches ; ou bien, à des maladies des voies respiratoires, avec les peaux sèches ou les poils déjà grossièrement triés, à cause de la grande quantité de poussières fines qui se séparent du crin brut, voire même de la chaux ou du sulfure d'arsenic qui existaient dans les bains, quand le crin a été enlevé par fermentation. Cette dernière opération, assez désagréable, a fait, du reste, ranger dans la troisième classe des établissements insalubres, les ateliers où on la pratique ; elle tend actuellement à disparaître, pouvant être remplacée par une épuration à la vapeur, ainsi qu'on le fait pour le duvet et la plume.

Les crins triés et de longueur assez grande sont réservés pour des usages spéciaux ; les crins mi-longs, ou courts, sont ensuite soumis au *filage*, opération qui a pour but de rassembler les poils en un *toron* tordu sur lui-même, de façon à réunir le

produit en bouts de 10 mètres environ. Le crin ainsi tordu est alors mis dans des cuves, et soumis à l'ébullition dans l'eau, afin de le dégraisser, ce qui est surtout indispensable pour les produits de Russie et de Sibérie, qui sont très chargés de suint. Après le dégraissage qui a, en même temps, fixé la torsion, on porte les torons à l'étuve, pour les faire sécher, ou on les abandonne simplement à l'air pour obtenir le même résultat.

Crins d'Amérique. Ils viennent surtout de Rio-Grande, de Monte-Video et de Buenos-Ayres. Ces poils sont moins beaux que les premières sortes de pays, et sont souvent altérés à leurs extrémités. Le commerce les divise en : (*a*) *beaux mélangés*, constitués par des poils choisis de queue et de crinière, à peu près en parties égales ; (*b*) les *bons mélangés*, dans lesquels il n'y a pas plus d'un tiers de poils de queue ; (*c*) les *mélangés ordinaires*, formés de crinières et de poils de diverses sortes ; (*d*) les *petits mélangés*, comprenant les paturons avec un peu de crin de crinière. Tous ces produits sont expédiés en surons de cuir ou en balles de toile cerclées de fer.

Crins de Russie. L'article venant de Russie d'Europe et de Sibérie comprend : (*a*) la *qualité supérieure frisée*, formée de poils de 1 mètre à 1^{m},20 de longueur ; (*b*) la *qualité supérieure*, en poils de queue de 0^{m},55 environ ; (*c*) la *troisième sorte*, constituée par des poils de queue de 4 à 16 centimètres ; (*d*) la *quatrième sorte*, ou mélange de poils de queue et de crinière, obtenus par peignage ; (*e*) la *peignure*, ou dernière sorte, formée par des poils courts de toutes sortes et de toutes couleurs, souvent mélangée de chardons et de poils non peignés, mêlés de terre (ratons).

Falsifications. Le crin ayant une valeur qui varie de 3 fr. 50 à 4 fr. 50 et plus le kilogramme, on le trouve souvent, dans le commerce, mélangé à des substances d'un prix moins élevé. Le crin véritable se reconnaîtra aux caractères suivants : il est cylindrique et légèrement effilé à son extrémité libre, il est plus renflé vers sa base, sa surface est lisse dans toute sa longueur, il brûle lentement, avec bruit, en répandant une odeur animale désagréable. Chauffé avec de la potasse, il dégage des vapeurs d'ammoniaque, bien reconnaissables à leur odeur. Ce caractère suffit pour le distinguer d'avec les produits d'origine végétale qui peuvent lui être assimilés. On falsifie le crin avec deux sortes de matières : les substances d'origine animale et celles d'origine végétale. Les seuls produits animaux que l'on peut employer, sont la corne et la baleine de rebut, que l'on fend et effiloche ensuite en brins plus ou moins fins. Si ces produits brûlent lentement, comme le crin, et dégagent de l'ammoniaque avec la potasse, par l'action de la chaleur, on les différentie très bien, en se servant du microscope.

Les crins de cheval, de bœuf, de chèvre, etc., sont des productions de la peau, dans lesquelles on peut distinguer très nettement, surtout si on les fait bouillir quelque temps dans une solution de soude, trois parties distinctes, qui sont : 1° la couche épidermique, qui, lorsqu'elle est apparente, se présente sous forme d'écailles à lignes onduleuses, transversales et siégeant à la surface ; cette couche est très visible chez les jeunes animaux et donne parfois un aspect dentelé au poil ; 2° la couche corticale composée de cellules plates, oblongues, perpendiculaires aux premières, offrant des noyaux allongés et souvent assez colorés. Cette couche varie d'épaisseur, suivant la partie du poil que l'on examine, et peut se dissocier par un traitement à chaud avec l'acide sulfurique concentré ; 3° la substance médullaire, ou moelle, qui occupe le centre du poil, et est formée de petites cellules rondes ou polyédriques, renfermant des granulations colorées ou non, et de la matière grasse. Cette moelle manque à la pointe des poils.

Le diamètre des crins est le suivant : pour les crins de cheval D$=0^{mm},125$ à $0^{mm},140$, à la queue et à la crinière, et $0^{mm},09$ à $0^{mm},115$, au paturon ; pour les crins de bœuf, les mêmes dimensions à peu près, mais avec cette différence que la corde médullaire (moelle) est plus grosse ; le rapport est de : moelle $=0^{mm},057$ et tige $=0,096$, soit $\frac{m=0,057}{T=0,096}$, tandis qu'il est de $\frac{m=0,475}{T=0,065}$ dans le cheval ; pour les crins de chèvre, le diamètre est de $0^{mm},02$ à $0^{mm},08$ (Robin) ; les crins ou soies du porc en ayant un de $0^{mm},27$ (Pfaff).

Le tissu corné qui compose la baleine ou la corne proprement dite, est constitué, au contraire, d'éléments anatomiques tout à fait différents de ceux que nous venons d'indiquer. Comme aspect, les filaments ne sont plus lisses et cylindriques, ni effilés ou renflés à la pointe ou à la base ; ils sont striés, anguleux, à cassure en lambeaux, et, si on les examine au microscope, après ébullition dans la soude, on trouve qu'ils sont formés par des lamelles assez grandes, constituant des cellules de forme polyédrique, à noyaux larges, arrondis, remplis de granulations, et offrant la forme de disques aplatis, assez minces, quand on les voit de profil.

Le crin est plus fréquemment falsifié, quand il n'est pas totalement remplacé, dans les meubles à bon marché, par des *substances d'origine végétale*. Ces matières sont aplaties, elles brûlent rapidement. Si on veut en constater la présence dans le crin ordinaire, on n'a qu'à laisser le mélange en contact, pendant quelques heures, avec de l'acide sulfurique à 66° Baumé. Le végétal est totalement carbonisé par l'action de l'acide, tandis que le crin reste intact, ce qui permet, après lavage et dessiccation, d'indiquer les proportions du mélange (Oudard, *Journal de Chimie médicale*, 1857).

Usages. On fait du crin un assez grand usage. Celui qui est noir est surtout employé pour l'ameublement ; on l'utilise pour rembourrer les sommiers, fauteuils, banquettes, selles de cavalerie, pour faire des matelas ou des coussins, confectionner des cordes, des boutons, des gants pour frictions, et autres objets d'habillement.

Les crins blancs de grandes dimensions se vendent fort cher : ils sont recherchés pour faire les archets de violons, violoncelles et contrebasses ; pour la pêche à la ligne ; ceux plus courts servent

à fabriquer divers tissus : soit en crin pur (étoffes pour tamis, pour étendelles destinées à l'extraction des corps gras et des huiles), ou en crin pour la trame et fil pour la chaîne (crinoline); à fabriquer des plumets pour coiffures militaires. Les crins tout à fait courts servent à faire les balais ou les divers articles de brosserie.

Les crins teints de diverses nuances entrent encore dans la confection d'objets de fantaisie : porte-cigares, fleurs artificielles, etc. — J. C.

CRIN VÉGÉTAL

On désigne sous ce nom différentes espèces de fibres végétales, de provenance et de caractère très divers. Les principales sont : le crin végétal d'Afrique, le crin végétal d'Amérique et le crin végétal d'Asie.

Crin végétal d'Afrique. Le crin végétal d'Afrique vient particulièrement de l'Algérie, où il y est fourni par le *chamærops humilis*, ou palmier nain, qui croît en grande abondance dans ces contrées. Il a été longtemps, dans notre colonie, et il y est encore parfois le principal obstacle au défrichement des terres, tant il y pullule et tant il est peu facile de l'en arracher. Ses racines, en forme de carotte, s'y enfoncent à plus de 1 mètre de profondeur, et quand sa tige n'est que coupée, elle germe immédiatement et repousse plus vigoureuse. Dans certains cas, les Arabes, voulant se débarrasser des broussailles qui, dans quelques terres, ont envahi une grande portion du sol, y mettent le feu; ils réussissent ainsi à faire disparaître ces broussailles, mais ils ne font que dégager les pousses de palmier nain et leur donner un plus libre essor.

Dès le principe, les Arabes ont utilisé cette plante. Ses racines servaient de combustible, ou bien on en faisait une sorte de charbon léger. Les indigènes ont même employé les fibres qu'ils retiraient des feuilles et des tiges, mêlées aux poils de chameau et à la laine, pour fabriquer des étoffes de tente; avec la feuille brute, ils font encore des paniers, des nattes, des corbeilles, des chapeaux, des éventails, des sacs et généralement toutes sortes d'ouvrages de sparterie, de corderie et de tapisserie.

C'est un propriétaire de Chéragas, à 14 kilomètres d'Alger, qui a songé le premier, il y a quelques années, à travailler le palmier nain pour en fabriquer le crin végétal. Aujourd'hui, il y a, en Algérie, des établissements extrêmement importants qui se livrent, dans les trois provinces, à cette fabrication; les exportations sont d'ailleurs considérables; elles étaient, en 1867, de 2,100,000 kilogrammes; elles s'élèvent, aujourd'hui, aux chiffres suivants :

1875.	8.296.373	kilogrammes.
1876.	8.390.960	—
1877.	9.440.338	—
1878.	7.806.802	—
1879.	6.559.279	—
1880.	9.318.160	—

Voici comment nous avons vu fabriquer le crin végétal en Algérie :

Les feuilles palmées, munies de leurs queues, sont apportées par les Arabes, dans la cour de l'usine, à l'état vert, au prix de 20 francs la tonne. On les empile sur le sol, sans prendre la peine de les hangarer, car on les emploie de suite et elles ne craignent ni la pluie, ni le soleil. Un ouvrier saisit plusieurs feuilles, coupe les queues, en forme une poignée qu'il tient fortement à la main, et les présente à une petite carde qu'il a devant lui. Cette carde n'est autre qu'un tambour sur lequel on a fixé grossièrement des clous et qui tourne constamment avec une grande rapidité. Pour garantir les mains de l'ouvrier, la carde est enveloppée d'une boîte en bois munie d'une seule ouverture, par où l'on passe la poignée de feuilles. Au dessus de la boîte est une caisse en ferblanc remplie d'eau et percée d'un trou à la base; l'eau jaillit par ce trou sur la poignée qu'on carde, et on remplit la caisse lorsque l'eau s'est écoulée. Le système, comme on le voit, est des plus primitifs. Un homme carde de 5 à 600 kilogrammes de feuilles par jour.

Lorsque les feuilles ont été cardées des deux côtés, elles présentent l'aspect d'une poignée de fibres grossières et courtes. On les fait alors sécher, puis on les porte à l'atelier où elles sont tordues pour servir comme crin à rembourrer.

Ce qu'on appelle, dans l'usine, « un chantier » se compose de six trieuses, d'un coupeur et de deux cardeurs. Les trieuses sont payées, par jour, 1 fr. 50; le coupeur, 2 fr. 50, et les cardeurs 60 centimes au quintal.

Pour tordre les fibres, un ouvrier saisit, dans son tablier, une grande quantité de filaments cardés et les présente à un émerillon attaché à un poteau, sur l'axe d'une roue que tourne un enfant. Les fibres s'entortillent autour du crochet, l'ouvrier s'éloigne en les guidant avec la main et toutes ont bientôt formé une longue corde enroulée en spirale. L'enfant qui tourne la roue s'arrête, fait revenir l'une contre l'autre les deux extrémités de la corde en tenant les bouts parallèles; ceux-ci viennent alors l'un autour de l'autre et se maintiennent bientôt tordus ensemble. Lorsqu'on juge qu'au bout de quelques semaines le crin serait suffisamment frisé s'il était détordu, on le détord. Chaque ouvrier est payé 1 franc les 100 cordes; il en fait environ 600 par jour, mais l'enfant qui l'aide est à sa charge.

Le crin végétal d'Afrique est employé à l'état naturel, ou bien teint. Dans ce dernier cas, les fibres sont passées dans plusieurs bains de sulfate de fer et de bois de Campêche, puis frisées et replongées dans les bains. En Algérie, le crin végétal est particulièrement livré au commerce de la literie, sous deux qualités : le crin blanc, qui vaut de 20 à 30 francs les 100 kilogrammes, et le crin noir, qui vaut de 25 à 38 francs.

Crin végétal d'Amérique. On donne ce nom à des fibres brunes, d'une grande longueur, ressemblant beaucoup à des crins de cheval, qu'elles servent à imiter et qui, depuis quelques années, sont importées en assez grande quantité d'Amérique en Europe, notamment de la Nouvelle-Orléans. Ces fibres sont obtenues du *tillandsia usneoides*, de la famille des narcissées.

Ce sont les nègres qui les récoltent sous forme de mousse, dans les bois de la Louisiane, où on les rencontre suspendues en longs écheveaux aux branches des arbres, leur épaisseur est d'environ $0^{m}/^{m},15$ et, à des intervalles de quelques centimètres, elles présentent des nœuds d'où partent des racines latérales.

Une fois la mousse récoltée, on la fait sécher pendant un mois sur une aire bien exposée à l'action du soleil et du vent. Au bout de ce temps, le crin se montre complètement nettoyé et dépouillé de son écorce grisâtre; il perd plus ou moins de son poids, suivant la variété et en raison de la quantité de poussière dont il est chargé. En cet état, il est vendu de 12 à 24 cents (le cent vaut 6 centimes environ) le kilogramme, selon qualité, et expédié à la Nouvelle-Orléans, où il subit les dernières manipulations. Dans cette ville, on l'envoie aux ateliers spéciaux, dits *fabriques de crins*. On l'entasse alors par grandes quantités dans d'énormes caisses munies de roues à palettes, qui peuvent en contenir jusque 25 tonnes, et remplies d'une eau savonneuse qu'on élève à la température d'ébullition. On finit ainsi par détacher de la fibre les dernières pellicules et poussières qui la recouvrent; finalement, on étend la matière sur des claies pour la faire sécher. De jaune qu'elle était au début, elle devient noirâtre quelque temps après. C'est alors qu'on la trie et que, suivant sa longueur, on la classe par ballots de différentes qualités. Seul, le crin le plus fin est exporté ; le plus gros est employé dans le pays.

C'est ce crin qu'on appelle encore en France *caragate, crin d'arbre, barbe espagnole,* et en Angleterre, comme aux Etats-Unis et en Guyane, *New-Orléans moss*, *mora hair*, *spanish moss*. Au Pérou, il porte le nom de *huachasso* et *salvaje*.

Crin végétal d'Asie. On désigne sous ce nom une fibre presque noire, rigide, tenace et épaisse, que l'on retire, aux Indes, des pédoncules des feuilles du *caryota urens*. C'est cette même fibre qu'on nomme, à Ceylan, *kittool, binii, niepera;* aux Indes, *bara-flawan*, *bherlee-mahr*, *konda-jiligu*, *ootali-panna*, suivant les divers idiomes; *kendiroe*, à Java; *omboe-enderoe*, *pingar-oetan*, à la Martinique ; *ambong*, *nieboeng*, *schunda-pana*, en Malaisie, et en Angleterre, *bastard sago palm*, *ghat palm*, *malabar sago palm*, etc. A Ceylan, le *caryota horrida* (*Kattu-Kittool*), et en Cochinchine, le *caryota mitis* (*do-tala*, *cây-dûng-dinh*) fournissent aussi une fibre végétale pour les mêmes usages.

Enfin, aux îles Philippines, le *caryota onusta* donne la fibre connue en Europe sous le nom de *cabo-negro*. — A. R.

Crin de Tampico. — V. Tampico.

***CRINOLINE**. *T. de cost.* C'était autrefois le nom d'une étoffe de crin qu'on employa à la confection de jupons bouffants, maintenus par des baleines ou des lames d'acier. Ces jupons, descendants des *vertugadins* et des *paniers*, ont tenu dans le monde une place considérable, mais ils ont disparu pour faire place à la *tournure*, que, par un euphémisme assez original, on a appelé un *polisson*. Le rôle plus modeste de la tournure, qui fait aujourd'hui partie du costume féminin, se réduit à développer — un peu jusqu'ici — la forme des parties les plus charnues.

***CRIQUET**. *T. de tiss.* Parement qui dessèche trop les filaments et leur donne de la raideur. || *T. de métall.* Acier qui se fendille par le refroidissement quand il y a inégalité de chaleur dans la masse.

CRISE INDUSTRIELLE. Cette grave question est l'objet d'une étude spéciale que le lecteur trouvera au mot Industrie.

CRISTAL. *T. de minér. et de chim.* Ce mot désignait autrefois plus spécialement le *cristal de roche* que nous étudions plus loin ; par analogie on a définitivement adopté ce mot pour désigner un verre blanc très transparent. Le cristal est un silicate double de potasse et de plomb, tandis que le verre est un silicate double de soude et de chaux, mais non plombeux. C'est donc cette particularité dans la composition qui, au point de vue chimique, constitue le cristal, et c'est improprement qu'on emploie quelquefois ce terme pour désigner quelques matières, comme les cristaux de Bohême qui ne sont cependant qu'un simple verre à base de potasse et de chaux. Les éléments constitutifs du cristal sont donc: la silice, la potasse et l'oxyde de plomb. Bien que dans chaque usine on établisse du cristal de composition un peu différente, toutefois la plus employée et celle que l'on peut admettre généralement, est la suivante :

Sable blanc.	300	kilogrammes.
Minium.	200	—
Potasse hydratée.	100	—

A ces matières viennent s'ajouter : un peu d'arsenic, 500 grammes à 2 kilogrammes ; quelques kilogrammes de nitrate de potasse substitués à de la potasse, et de l'oxyde de nickel ou de manganèse pour combattre la coloration verdâtre, qui est due aux substances étrangères contenues dans les matières premières, malgré tout le choix et les soins apportés dans leur préparation, ainsi qu'aux déchets de cristaux ou *groisils* réintroduits dans les fontes. Le sable doit se rapprocher autant que possible de la silice pure, il faut surtout qu'il ne contienne pas de proportion trop sensible de fer. Le sable blanc de Fontainebleau, et celui de la Champagne jouissent à cet égard d'une réputation justement méritée, et les carrières de Fontainebleau approvisionnent une grande partie des cristalleries anglaises. Ce sable contient, en effet, 98,8 0/0 de silice pure, 0,7 0/0 d'oxydes divers et 0,5 0/0 d'eau. Le fer s'y trouvant surtout à l'état de pyrite en paillettes, on peut les séparer, pour la plus grande partie, en soumettant le sable à des lavages soignés sur des tables inclinées.

L'oxyde de plomb que contient le cristal, provient ordinairement du minium, bien que les autres oxydes du plomb puissent être également employés, mais la suroxydation du plomb sous cet état favorise l'opération. On ne doit employer à sa préparation que des plombs parfaitement épurés, aussi dans les cristalleries importantes,

comme à Baccarat, prépare-t-on le minium sur place. Ce plomb ne doit pas contenir plus de 0,002 0/0 de cuivre.

La potasse la plus employée, en France du moins, est tirée des fabriques de sucre de betterave du nord. Elle contient ordinairement 92,53 0/0 de carbonate de potasse, la différence est formée de carbonate de soude, de chlorures, phosphates de potasse, d'eau et de résidus insolubles. Il faut avant de l'employer la purifier et l'hydrater, en la dissolvant à l'eau chaude, puis évaporant à siccité.

On donne aussi le nom de *cristal* à toute substance qui se présente naturellement sous des formes géométriques. — V. CRISTALLOGRAPHIE.

CRISTAL DE ROCHE. Le quartz ou silice pure se rencontre dans la nature, sous une série très variée de formes, parmi lesquelles l'une d'elles cristallisée, remarquable par sa transparence et son éclat, porte le nom de *cristal de roche* ou *quartz hyalin*. Ces cristaux se rattachent au système rhomboédrique, et offrent toujours des dodécaèdres à triangles isocèles, soit simples, soit avec les faces du prisme hexagonal, et diverses modifications non symétriques aux angles. Le plus souvent les cristaux sont extrêmement déformés par l'élargissement de quelques-unes de leurs faces, et des troncatures sur les pointements. Les clivages en sont extrêmement difficiles, parallèles aux faces du rhomboèdre primitif ; pour les déterminer, il faut chauffer le cristal à la lampe d'alcool, et l'étonner dans le mercure, mais non dans l'eau froide, où le cristal éclaterait sans se cliver. Il jouit de la double réfraction avec un seul axe, son angle de polarisation est de 33°, sa densité est d'environ 2,5, ce sont ces particularités qui permettent de distinguer le cristal taillé du diamant. Sa dureté est remarquable, sa cassure conchoïdale et ordinairement unie. Il est infusible au chalumeau à gaz oxydrique, inattaquable par tous les acides, sauf l'acide fluorhydrique. Son éclat est ordinairement vitreux, et il peut présenter divers degrés de transparence. Outre la variété incolore, le cristal de roche prend souvent, par suite de la présence de matières étrangères, des colorations variées, et constitue alors des matières utilisées dans la joaillerie sous des noms particuliers. On distingue le cristal enfumé, par la présence de matières organiques, la pierre violette dite *améthyste* colorée par l'oxyde de manganèse ; l'*hyacinthe de compostelle*, rouge sang, colorée par l'oxyde de fer ; les variétés jaunes ou *topaze de Saxe* ; vertes ou *prase*, et celles contenant des paillettes de mica jaune appelées *aventurines*.

L'apparence du quartz cristallisé est souvent modifiée par la présence de matières étrangères qu'il contient isolées à l'intérieur. C'est le phénomène qui produit les cristaux dits *encapuchonnés*, souvent leur adhérence avec les faces successives est très faible, et le moindre choc les détache. Ces matières sont le plus souvent de l'oxyde de fer et quelquefois de la chlorite.

Le quartz proprement dit appartient aux terrains de cristallisation, où l'on trouve, des fentes, des cavités irrégulières où il a cristallisé, et forme le cristal de roche. Ses gisements sont donc extrêmement nombreux, mais au point de vue des utilisations industrielles de cette belle matière, dont nous allons nous occuper, le pays qui fournit au commerce les plus beaux cristaux, et surtout ceux qui offrent les plus gros volumes, c'est l'île de Madagascar.

Le cristal de roche est employé dans les arts à divers usages, pour la confection d'objets artistiques, toujours précieux, tant à cause des qualités de la matière première, que des difficultés qu'on éprouve à la travailler, causes qui rendent ces objets rares et d'un grand prix. On l'emploie également dans la joaillerie, pour l'imitation des pierres précieuses, et enfin dans l'optique, soit pour les verres des lunettes ordinaires, soit pour ceux des grands instruments d'optique.

TAILLE. Nous exposerons tout d'abord les méthodes employées pour travailler le cristal de roche. La taille de cette matière, excessivement pénible et difficile, rentre dans le travail du lapidaire, et est aussi simple à expliquer que compliquée à exécuter. En effet, quel que soit l'objet qu'on veuille tirer d'un bloc de cristal, on n'a qu'à débiter d'abord, à l'archet, au fil de fer et à l'émeri, le morceau correspondant à la pièce désirée, puis à l'aide de roues, en grès, en jaspe, à user ce morceau pour lui donner la forme définitive. On voit que théoriquement du moins, rien ne semble aussi simple, mais quand on réfléchit à la dureté de la matière, et qu'on examine quelques-uns de ces précieux objets, coupes, vases, figurines, etc., qu'on trouve dans les riches collections, on comprend aisément quelle habileté il faut à l'artisan pour obtenir à l'aide de simples meules, ces sculptures si finies et si complexes qu'on trouve sur ces magnifiques pièces. Le débitage d'un bloc à la scie exige une première opération préalable qui en abrège beaucoup la durée et le facilite considérablement, car l'on aurait beaucoup de peine pour obtenir la première amorce de sciage, et surtout pour la trace régulière. On fait chauffer progressivement le bloc à travailler devant un amas de charbon allumé, afin de pouvoir le fixer par adhérence à un manche de bois garni de ciment. Cette première opération est très délicate, car le cristal de roche se conduit à la chaleur de la façon la plus capricieuse. Si l'échauffement ou le refroidissement vient à subir la moindre variation brusque, la matière éclate, se gerce intérieurement, c'est là une fréquente cause d'avarie, qui rend la taille très difficile, et oblige souvent à recommencer plusieurs fois le même objet. Le bloc ainsi fixé, on trace sur ses faces, à l'aide d'une roue d'acier montée sur un tour, et d'émeri, les traits limitant le morceau dont on a besoin. On obtient ainsi des amorces dans lesquelles le fil d'archet mord aisément et sans risque de déviation. Lorsqu'il s'agit d'établir une pièce creuse, comme une coupe, un flacon, etc., on commence par sciotter sur le bloc à la profondeur voulue, de petits cylindres rapprochés, qu'on détache par un simple choc sur leur sommet, pour dégager ainsi la capacité intérieure, qu'on achève

ensuite sur la roue. Dans ce travail, la façon capricieuse dont se conduit la matière sous les influences calorifiques, joue un grand rôle, et souvent le bloc éclate ou se gerce, et est mis hors d'usage. S'agit-il de faire un flacon dont l'ouverture est d'un moindre diamètre que la capacité intérieure, on commence par sciotter un petit cylindre du diamètre de l'ouverture, puis avec des forets garnis de diamants, on termine le vide intérieur de la pièce. Quant aux ornements, aux parties saillantes, on les exécute à la roue comme pour la taille des cristaux. On peut ensuite déposer, dans les creux ainsi pratiqués, de l'or, des métaux en feuilles qui achèvent de donner une grande richesse à ces objets. La figure 609 montre une buire en cristal de roche, que le célèbre orfèvre Froment Meurice a fait figurer aux expositions et qui est un des plus beaux spécimens de ce genre de travail. Nous reviendrons tout à l'heure sur les procédés suivis pour émailler le cristal de roche.

Fig. 609. — *Buire en cristal de roche, de Froment Meurice.*

Les fabricants d'instruments d'optique ont trouvé, dans le cristal de roche, une matière précieuse pour établir leurs objectifs. Il est moins dispersif et plus réfringent que le crown-glass; malheureusement son emploi est limité par sa dureté et sa double réfraction. Il permet cependant de réduire de près de moitié la longueur des lunettes. Ainsi une lunette, n'ayant que 1 mètre de foyer et 0m,10 d'ouverture, permet de voir distinctement les deux anneaux de Saturne.

La joaillerie emploie le cristal de roche, soit à l'état naturel, en profitant de ses diverses colorations, soit en lui faisant subir un travail auxiliaire. A l'état blanc, et par une taille très étudiée, le cristal blanc fournit les pierres, si connues aujourd'hui sous le nom de *simili-diamant*; quant au cristal coloré, il forme, comme nous l'avons dit, toute une série de pierres, améthyste, topaze, hyacinthe, etc., bien connues. Mais on a cherché à pousser plus loin encore l'utilisation de cette belle matière, en y appliquant l'émaillage pour former des pierres analogues aux rubis, aux saphirs, etc. Toutefois, cette industrie est restée longtemps dans un état peu avancé, par suite de la façon dont se conduit le cristal de roche à la chaleur. Les émaux qu'on cherchait à y déposer étaient plutôt collés que vitrifiés sur le cristal, qui ne pouvait, sans éclater, être porté à la température nécessaire pour la fusion des fontes. Les pierres, ainsi faites, n'étaient que du doublé, et bien que l'exportation en consommât d'assez grandes quantités, par suite des déchets considérables dans les transports, cette branche de commerce n'avait qu'une extension limitée. Il n'en est plus ainsi aujourd'hui. Un tailleur de diamants,

M. Chevassu, a trouve le moyen d'émailler véritablement le cristal de roche. Cette invention toute récente, qui est, non seulement garantie par un brevet, mais mieux encore par les secrets de la pratique, trouve tous les jours de nouveaux débouchés. Par ce procédé, on prend un petit cube de cristal, poli seulement sur une face, on fait fondre sur cette face de l'émail rouge, vert, bleu, puis on taille les cinq autres faces, à la façon d'un diamant, et l'on obtient une pierre qui, une fois montée, ne saurait être distinguée du rubis, du saphir, de l'émeraude naturels. Si le morceau est brisé, ce n'est plus la doublure d'émail qui se sépare, mais la pierre entière qui se casse, comme si l'émail et le cristal ne formaient qu'un. La joaillerie est donc dotée maintenant, de nouvelles pierres qui permettront à la bijouterie d'imitation de produire des objets aussi beaux que ceux établis avec les pierres précieuses.

CRISTALLERIE. Cette industrie offre de grandes analogies avec celle de la *verrerie* (V. ce mot), elle a pour but le traitement d'une matière particulière, le *cristal*, qui, par ses propriétés, se prête plus spécialement à la fabrication des objets riches et de prix élevé.

Historique. La fabrication du cristal est d'origine relativement récente, et malgré les analogies qui existent entre le verre et le cristal, alors que la première de ces matières a été connue de toute antiquité, ce ne fut que vers la fin du XVII^e^ siècle que l'on voit apparaître la seconde. La découverte du cristal, comme beaucoup d'autres aussi précieuses, est presque due au hasard. C'est en cherchant à substituer la houille au bois pour chauffer les fours à verre, qu'on fut obligé de modifier un peu la conduite du travail, et que pour rendre à la matière sa fusibilité, on eut la pensée de se servir du minium. Le cristal était trouvé et ses qualités particulières établissaient rapidement sa supériorité sur le verre, dans une foule d'usages. C'est en 1784 seulement qu'on rencontre en France les premiers essais de fabrication industrielle du cristal. Cette nouvelle industrie ne tardait pas à prendre un rapide développement, et bien que la découverte soit anglaise, on ne saurait méconnaître que les progrès de la cristallerie sont dus pour beaucoup aux travaux de trois Français : MM. Bontemps et Guinand père et fils. Les célèbres usines de Baccarat et de Saint-Louis firent de cette fabrication une industrie nationale, et si comme production l'Angleterre tient encore la tête, les produits français ont dans cette branche, comme dans tout ce qui touche à l'art, conquis rapidement la première place, grâce à l'étude des formes et des ornements dont on les enrichit. Avant de terminer cette brève étude, on ne saurait passer sous silence les cristalleries de Clichy, etc., qui, outre la production d'un cristal spécial très utilisé pour les instruments d'optique, a, ainsi que celle de Pantin, beaucoup augmenté les débouchés de ce commerce dans les objets de fantaisie.

Caractères spéciaux du cristal. Lorsque l'on compare le cristal avec le verre, on constate que le premier est plus fusible que le second, et que de plus, à l'état de pâte il est plus tendre et plus malléable, qu'il se refroidit moins vite et par suite qu'il est susceptible de recevoir des formes plus compliquées et d'une façon plus nette. Cette supériorité au point de vue de la facilité du travail existe non seulement pour le cristal en fusion, mais encore lorsque déjà refroidi il est encore malléable, ce qui explique combien on s'est empressé de s'en servir pour la confection de toutes les pièces riches. Il est plus blanc, plus transparent que le verre, et enfin la puissance et la facilité avec laquelle il décompose les rayons lumineux, ont été la source d'applications que l'on n'aurait jamais pu obtenir qu'avec lui seul ; en particulier pour les cristaux d'optique, et pour ces pièces à nombreuses facettes qui servent à garnir les lustres, et dans lesquelles la lumière se joue avec des reflets si brillants et si chatoyants.

Fabrication du cristal. Les opérations qui se pratiquent dans une cristallerie peuvent se diviser en deux groupes : l'un dans lequel il s'agit de produire la matière même, le cristal, que nous examinons dans ce paragraphe ; l'autre qui comprend toutes les opérations pour fabriquer des objets variés et décorés à l'infini avec cette matière, et que nous examinerons ensuite.

Malgré tous les soins apportés à la purification des matières premières, on ne saurait éviter d'une façon absolue la présence de quelques traces de fer, soit que les parois du creuset en contiennent, soit qu'il en reste un peu dans le sable, ou que les *groisils*, bien que lavés dans un bain d'acide chlorhydrique, n'en retiennent quelques parcelles adhérentes. La présence du fer, si minime qu'elle soit, a toujours pour effet de donner au cristal une légère teinte verdâtre, et c'est pour la corriger qu'on ajoute une matière donnant une teinte à peu près complémentaire, soit de l'oxyde de nickel, soit de l'oxyde de manganèse. Le premier tout en donnant par lui-même une couleur moins agréable que le second, offre toutefois l'avantage d'une coloration fixe et est préféré pour cette raison. Un mélange intime des matières constituantes est indispensable pour la bonne fabrication du cristal. Ces matières finement pulvérisées sont mélangées soit à la pelle, soit à l'aide de malaxeurs mécaniques, qui, en particulier, soustraient les ouvriers à la fâcheuse influence des poussières plombeuses tout en assurant un meilleur résultat pour le travail.

Les *cristaux colorés* s'obtiennent en ajoutant certains oxydes métalliques à la composition du cristal blanc normal. L'acide arsénieux et stannique donnent le cristal opalin ; le chrome un beau vert ; l'oxyde noir de cuivre un bleu verdâtre, le nickel un brun rougeâtre, le cobalt les bleus, le manganèse les violets ; le platine les gris ; l'urane le jaune, l'or le rose.

Le silicate double de potasse et de plomb constitue le cristal généralement fabriqué, toutefois l'usine de Clichy en établit un différent, un borosilicate de potasse et de zinc, connu sous le nom de *cristal de Clichy*. MM. Maës et Clémandot, dès 1845, se préoccupaient de rechercher l'influence de l'acide borique sur la vitrification. Ces travaux eurent pour conséquence de constater la faculté dissolvante de l'acide borique pour l'introduction dans les verres, de bases jusqu'alors inusitées ; et pour ne nous occuper que du cristal, c'est ainsi qu'ils recherchèrent la substitution du zinc au plomb. Les cristaux au blanc de zinc sont remarquables par leur limpidité et leur dureté. Bien qu'il ne

semble pas que leur introduction dans la cristallerie ait été suivie d'un grand développement, l'industrie de l'optique les a toutefois particulièrement et spécialement adoptés.

Fusion du cristal. Le mélange des divers ingrédients, formant la composition du cristal, est introduit dans des creusets ou *pots*, qui, placés dans des fours dont nous parlerons plus loin, permettent de porter ce mélange à la température où les divers éléments se combinent entre eux et où s'opère la fusion du silicate double.

Ces pots doivent être fabriqués en matière très réfractaire, et avec de grands soins, car leur qualité et leur durée sont deux éléments très influents dans la fabrication du cristal. Les argiles les plus recherchées pour la fabrication des pots de cristallerie, sont celles de Forges-les-Eaux, en France, de Stourbridge, en Angleterre, de Namur, en Belgique, et de Schwarzenfeld, en Bavière. On se sert d'un mélange d'argile crue et d'argile cuite, provenant des débris des vieux pots. La terre marchée et foulée est moulée à la main, et l'usage d'un moule ne sert qu'à donner une forme extérieure régulière. On n'emploie les creusets qu'après un séchage gradué et prolongé pendant plusieurs mois, et avant de les disposer dans les fours, il faut les porter progressivement au rouge sombre, dans un four spécial. La durée des pots dépend et de leurs qualités propres et de la température des fours de fusion. Lorsque la fusion du cristal se fait en douze heures, ou en trente-six et même soixante heures, les creusets résistent plus ou moins longtemps, de quelques jours à 6 mois. Leur contenance ordinaire est de 200 litres. Dans tous les anciens fours, chauffés au bois, on employait de simples pots ouverts de forme tronconique, mais depuis que l'emploi de la houille tend à se généraliser de plus en plus, on a dû

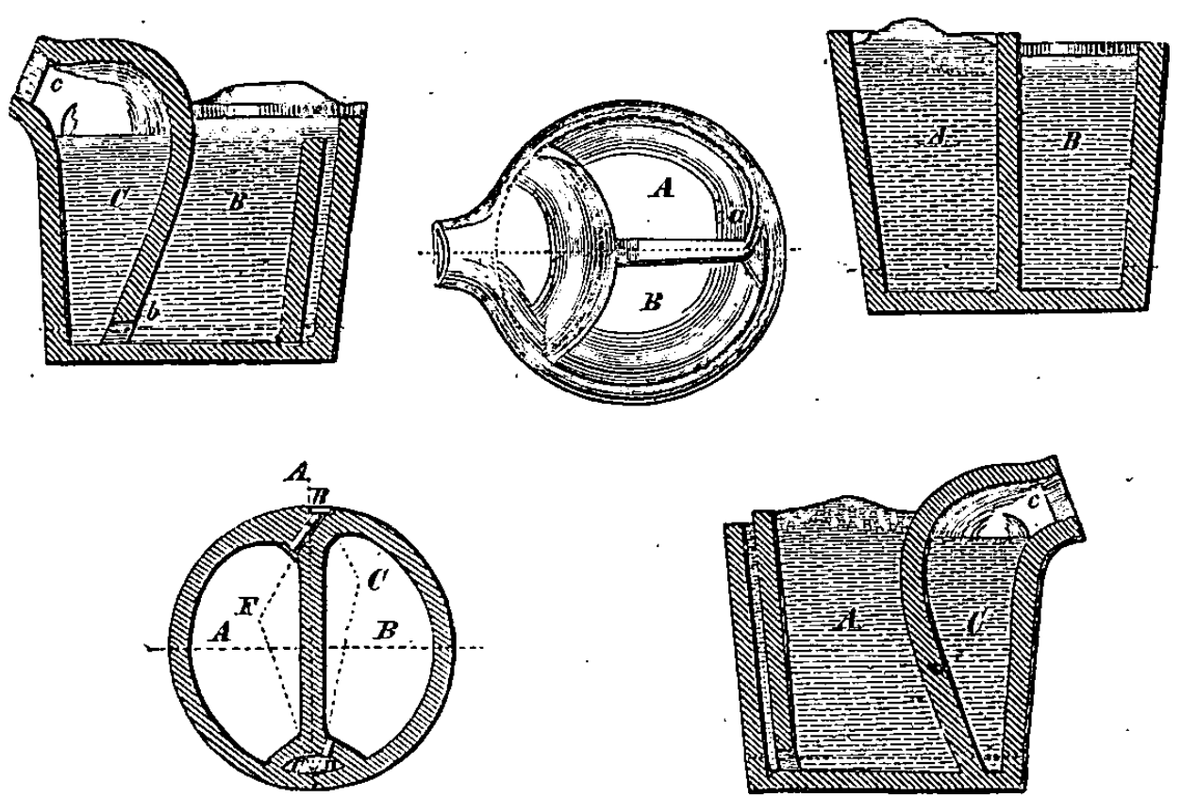


Fig. 610 à 614. — *Creuset à compartiments.*

modifier cette forme pour mettre le cristal à l'abri de la flamme réductrice ou sulfureuse, et on les remplace par des sortes de cornues à col très court, à section horizontale généralement elliptique. Enfin, quelquefois à la simple cornue, on substitue des creusets de forme extérieure semblable, mais de construction plus complexe, avec une cloison intérieure subdivisant le creuset en compartiments, comme le montre les figures 610 à 614. La matière est chargée dans le compartiment A, se purifie dans le compartiment B et, enfin, passe dans le compartiment C où on la puise pour le travail. Les diverses vues de la figure et les mêmes lettres qui y sont reportées montrent suffisamment le jeu de l'appareil. Ces creusets permettent encore une marche continue du creuset, car on peut exécuter le chargement au fur et à mesure de l'épuisement en C, sans que la matière vienne à manquer dans cette partie du creuset.

Les fours étaient autrefois chauffés au bois, mais ainsi que nous venons de le dire, ce mode de chauffage est presqu'absolument abandonné aujourd'hui, et l'on y a substitué la houille. Les fours de cristallerie actuels peuvent se rattacher à trois types : 1° le four à grille à chauffage direct ; 2° les fours à gaz avec générateurs indépendants et récupérateurs (fours Siemens, Radot) ; 3° système intermédiaire entre les précédents (four Boëtius).

Les fours à chauffage direct se composent d'un massif de maçonnerie circulaire terminé par une cheminée. Les pots sont disposés dans une chambre voûtée sur une banquette, au centre et au-dessous de laquelle on a disposé la grille et le cendrier, les produits de la combustion après s'être répandus dans la chambre autour des pots, s'échappent par de petits conduits, pratiqués dans l'épaisseur du massif, partant du niveau de la banquette entre les pots, et débouchant ensuite tous dans la cheminée centrale au-dessus de la voûte.

Les fours à générateurs indépendants, créés par MM. Siemens, ont succédé aux fours précédents. On y a encore assez longtemps employé du bois, ils permettaient d'y brûler toutes les essences et sans séchage préalable. L'idée fondamentale de ces fours a été de faire servir l'énorme quantité de chaleur perdue, qui s'échappe par les cheminées, à chauffer l'air atmosphérique qui alimente la combustion, ainsi que les gaz qui vien-

nent se brûler dans le four. Les produits de la combustion, avant d'être rendus à l'air extérieur, sont dirigés dans une chambre divisée, à l'aide de briques, en une foule de conduits formant un massif réticulaire où la température va en décroissant du voisinage du four à l'extrémité, en commençant par être égale d'abord à celle de l'intérieur du four. L'air qui alimente la combustion parcourt ce même massif, mais dans le sens inverse, arrivant ainsi dans le four presqu'aussi chaud que ce four lui-même. Un jeu de registres règle à travers le massif l'alternance des passages des produits de la combustion et de l'air appelé. D'autre part, le combustible est soumis, dans un appareil séparé, à une température seulement suffisante pour volatiliser les gaz combustibles, sans toutefois les brûler. Ces gaz sont conduits dans un appareil réticulaire analogue à celui que nous venons de décrire, de façon à s'échauffer graduellement et à se mélanger dans le

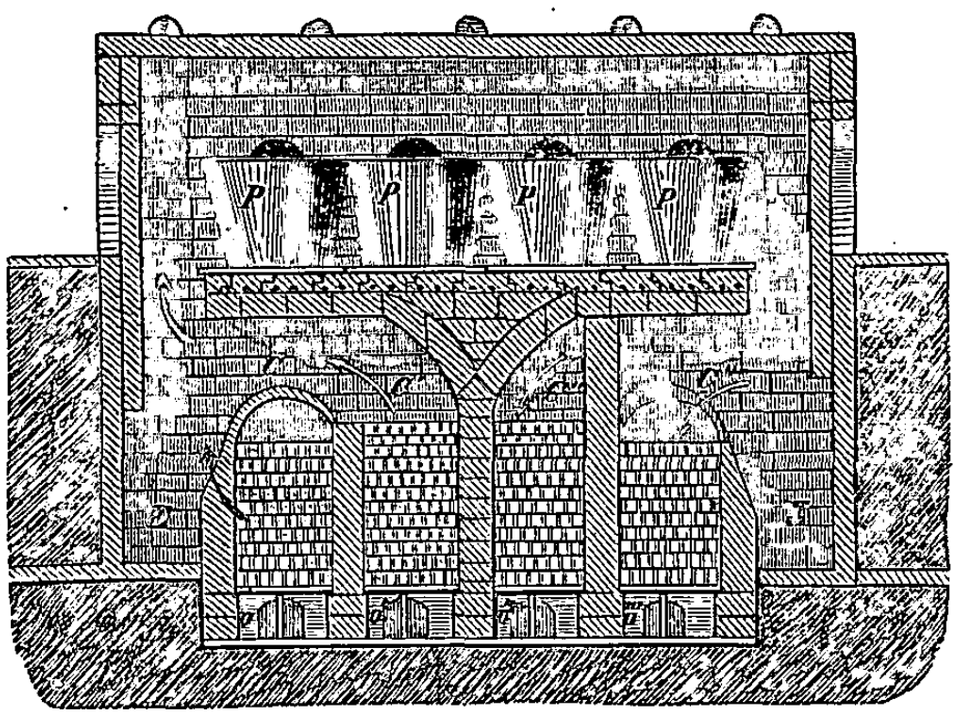


Fig. 615. — *Four Siemens.*

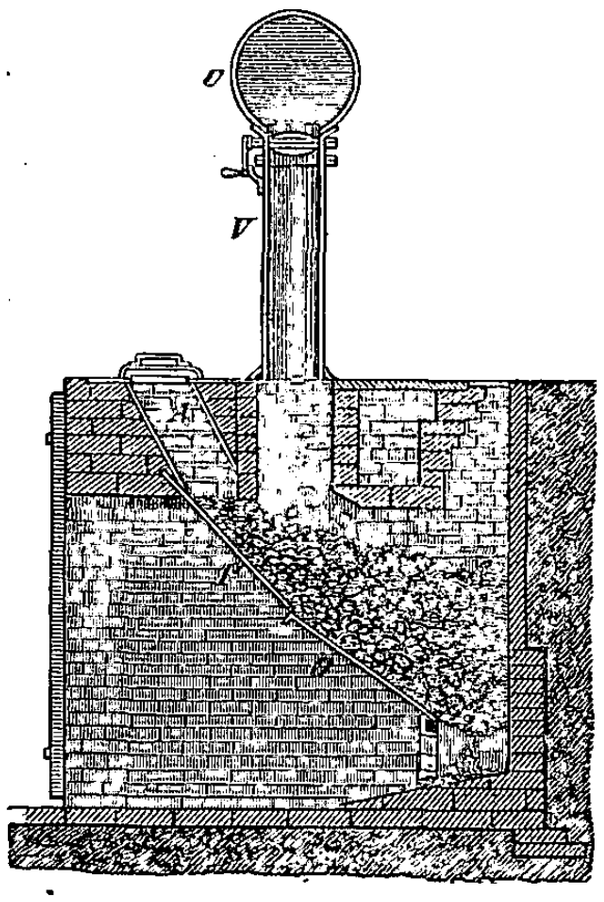


Fig. 616. — *Four Siemens.*

four avec de l'air également chauffé, le mélange ayant presque la température du four. On conçoit aisément le degré de température, et l'économie de combustible qui résultent de ce mode d'opérer. Pour marcher ainsi d'une façon continue, on voit que le four doit comprendre quatre massifs réticulaires, dont deux conduisent les produits de la combustion à la cheminée d'évacuation, les deux autres donnant accès : l'un à l'air chaud, l'autre aux gaz de combustion échauffés, le rôle de ces conduits étant alternativement renversé par le jeu des vannes. Tel est le four Siemens, ses avantages sont donc l'isolement des creusets et du combustible, et l'économie considérable de celui-ci.

La figure 615 fait voir la coupe verticale du four proprement dit suivant l'axe longitudinal, en P les pots, en C, C', C'', C''', les quatre massifs réticulaires, avec les soupapes de réglage *o*, *o' o''*, *o'''*. La figure 616 montre la disposition particulière du foyer où se produisent les gaz de combustion, P, O, les grilles ; A, l'orifice de chargement ; V, le débouché des gaz.

Toutefois, la nécessité du renversement alternatif du rôle des massifs réticulaires entraîne un échauffement inégal des faces des pots, et ceux-ci sont susceptibles de se briser, accident qui, par la coulée du verre dans les massifs réticulaires, produit l'obstruction de ceux-ci. Enfin, le four est elliptique et consomme plus de place. Le système de

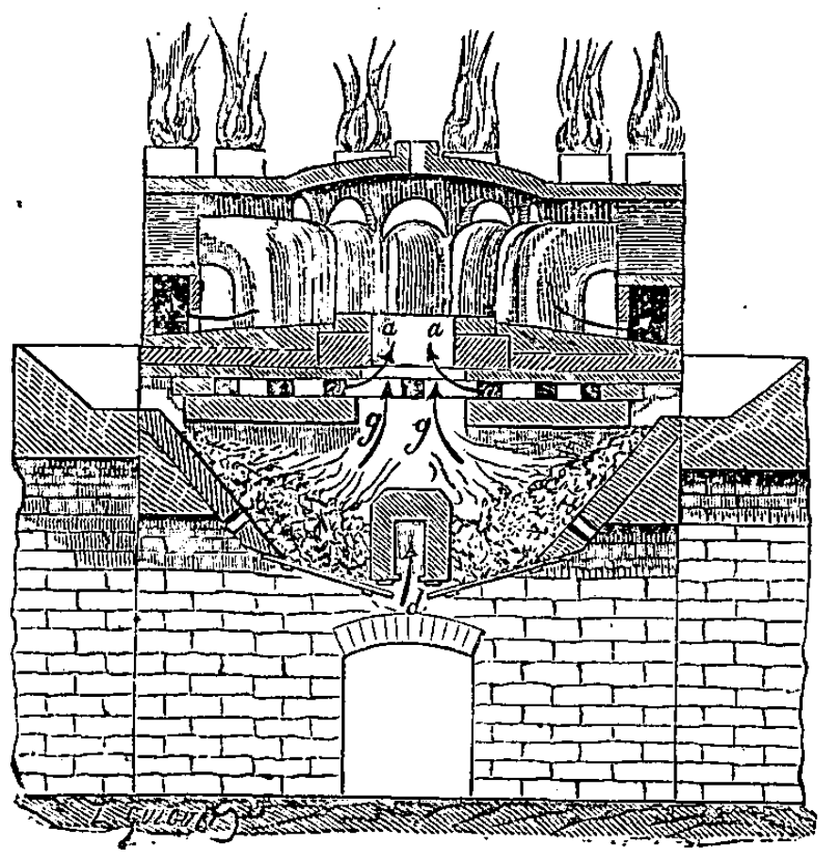


Fig. 617. — *Four Boëtius.*

M. Radot, qui est une modification du premier système Siemens, évite en partie ces inconvénients. On ne saurait mieux le comparer qu'à un calorifère à air chaud, dans lequel les produits de la combustion passent à travers des conduits de poterie qu'enveloppe l'air appelé du dehors, lequel s'échauffe au contact. Le four est circulaire, il y a un seul récupérateur central, les soupapes et leur

jeu délicat est supprimé. Son prix de revient est très élevé.

Le four Boëtius semble être de tous les systèmes proposés celui qui est le plus en faveur dans les cristalleries. Il est représenté en coupe verticale par la figure 617. Le générateur est sous le four, formé d'une sorte de vaste entonnoir avec une grille à la partie inférieure. L'air, destiné à brûler les gaz, entre dans l'autel entre les deux grilles, en *d*, s'échauffe en circulant dans des carneaux, disposés au-dessus de la masse en combustion et vient se mélanger au gaz oxyde de carbone *g* à son entrée dans le four en *a*, et en détermine la combustion. Les gaz brûlés s'échappent par de petites cheminées, pratiquées entre les pots. Elles doivent présenter un léger excès de gaz brûlant à la sortie, et c'est sur cet indice qu'on règle l'appel de l'air extérieur.

Les fours contiennent un nombre de pots variable, de 10 à 20. La conduite de l'opération varie un peu avec chaque usine, toutefois on peut distinguer deux méthodes principales, l'une usitée principalement en France, l'autre en Angleterre. Autrefois, dans les fours à chauffage direct et à pots ouverts, on pouvait, en vingt-quatre heures, échauffer un pot, l'enfourner, faire le chargement, fondre le cristal et épuiser la matière pour le travail, ce qui durait de six à dix heures. Mais avec les fours à la houille et à pots couverts, la fusion du cristal est plus lente et l'on opère différemment. Une équipe d'ouvriers ou *place*, épuise dans une journée le contenu d'un pot ; celui-ci est enfourné le soir, et le feu conduit de façon à ce qu'on ne puisse le retravailler que trente-six heures après. Chaque place aura donc deux pots du four pour son service. Tel est le mode adopté en France. En Angleterre, la place commence à travailler le lundi la potée de cristal et ne l'épuise que le jeudi soir. On enfourne de nouveau et conduit le four de façon à ce que ce même pot ne soit prêt à être utilisé que le lundi matin suivant.

La fusion du cristal peut donner lieu à une série assez nombreuse d'imperfections, lorsqu'elle est mal conduite, soit que certains corps étrangers subsistent dans le mélange, notamment les substances ferrugineuses, soit que le mélange mal préparé ne fournisse pas une matière homogène et que certains phénomènes de décomposition se produisent en même temps que la fusion. Ces fâcheuses conditions altèrent la qualité du cristal, en y produisant des *grains*, des *bouillons*, des *cordes*, des *stries* ou une *coloration verdâtre* ; aussi faut-il toujours, avant de commencer le travail sur une potée, faire sur celle-ci un essai préalable dit *montre*, permettant : de reconnaître la qualité du cristal, pour l'adapter à un travail déterminé, ou d'essayer, par une addition de matières, un coup de feu et un brassage, d'en corriger les défauts.

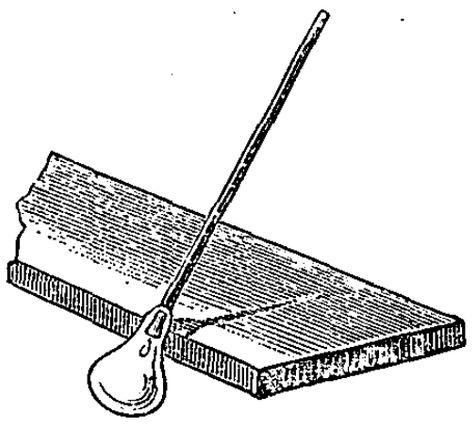


Fig. 618.

Ttavail du cristal. Les objets en cristal s'établissent par deux méthodes différentes : par le *soufflage* ou par le *moulage*. Nous allons donner la description des diverses opérations successives que nécessite la fabrication d'un verre par la méthode du soufflage. Cet exemple permettra de voir l'application de cette méthode à tous les cas qui se peuvent présenter.

Fig. 619.

Les outils dont dispose l'ouvrier sont peu nombreux et simples. Une *canne*, tube en fer, percée sur toute sa longueur, un *pontil*, autre canne mais non percée intérieurement ; des *pinces*, des *ciseaux*, un *compas*, et une *planche* dite *à carrer*, en bois ou en fonte. La série des figures, ci-jointes, qui montrent la succession des opérations que traverse le cristal avant d'être transformé en un verre, font voir également ces outils. Suivons le travail. L'ouvrier puise dans le pot au bout de sa canne une certaine quantité de cristal, la roule sur la table à carrer (fig. 618), puis la souffle à la bouche (fig. 619) et s'asseyant sur son banc roule la canne pour donner à la partie inférieure de la masse soufflée la forme qu'aura le bas de la coupe du verre. C'est ce que l'on appelle faire la *paraison*. Il passe alors à la confection du pied. Un aide apporte au bout d'un pontil une goutte de verre que l'on fait couler sur le fond de la paraison (fig. 620), et que l'ouvrier coupe avec ses ciseaux à la longueur convenable. Il place sa canne sur son banc, la tourne sur elle-même et avec les pinces, il modèle (fig. 621) la portion de cristal ajoutée de façon à former la jambe, ou balustre, qui peut présenter des moulures plus ou moins compliquées qu'on obtient facilement, en faisant tourner dans une mâchoire en fer profilée convenablement. On ajoute une nouvelle quantité de cristal (fig. 622) exactement comme tout à l'heure, qu'on écrase rapidement en appuyant sur une plan-

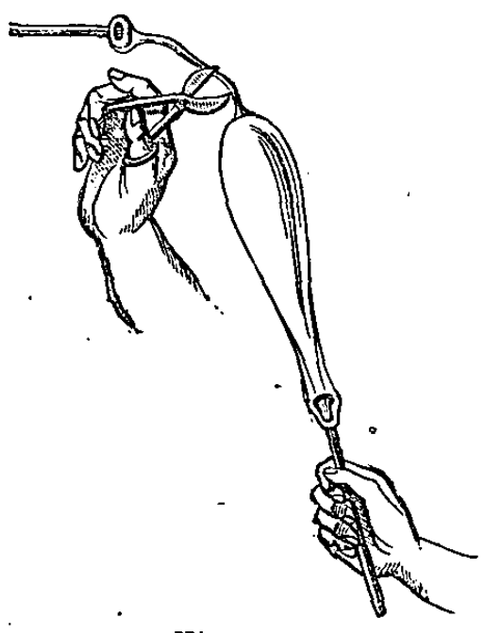


Fig. 620.

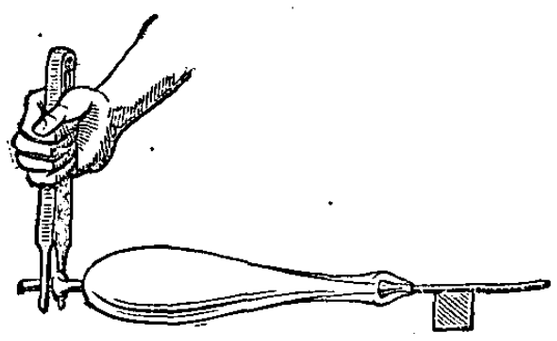


Fig. 621.

chette verticale (fig. 623) et en faisant rapidement tourner la canne. A l'aide des pinces on donne un dernier coup au pied, qui se trouve terminé. Avec un pontil portant une goutte de cristal, le souffleur vient prendre le verre par le milieu du pied (fig. 624), et le détache de la canne. Le verre passe alors dans les mains d'un ouvrier plus expérimenté, mais auparavant on le porte dans un four à réchauffer, et quand le haut de la coupe est assez ramolli, l'ouvrier coupe avec ses ciseaux (fig. 625) pour ouvrir au diamètre voulu, et enfin avec une pince à deux branches en bois, il donne au haut de la coupe l'évasement que présentent ordinairement les verres (fig. 626). Le verre est terminé, on le détache du pontil et le porte à réchauffer dans un four spécial.

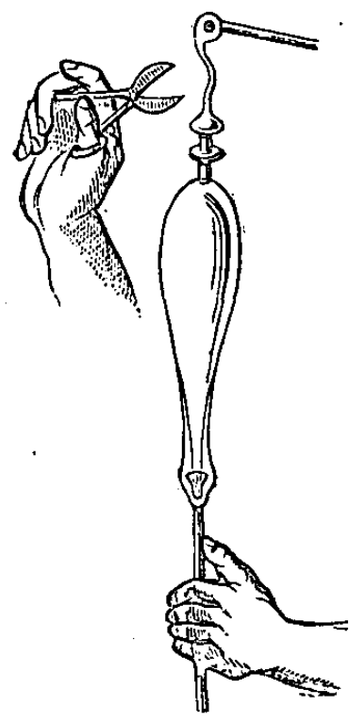


Fig. 622.

Ce que nous venons de dire à propos de la fabrication d'un verre, pourrait se répéter à quelques variantes près pour la confection de tous les objets de cristal où l'on emploie le soufflage. Quelquefois, pour faciliter le travail, surtout si les objets sont d'un profil un peu compliqué, l'ou-

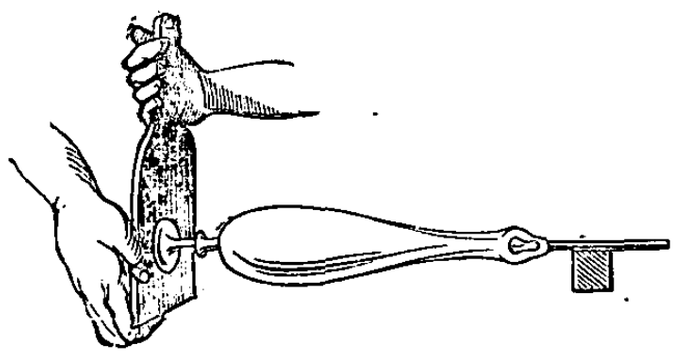


Fig. 623.

vrier souffle sa masse dans un moule en bois ou en fonte, recouvert de poussier de charbon, puis y ajoute, comme nous venons de le voir, un pied ou une anse d'une façon analogue, détache la masse de la canne et l'objet est porté au four à réchauffer. C'est dans un atelier spécial qu'on l'achèvera

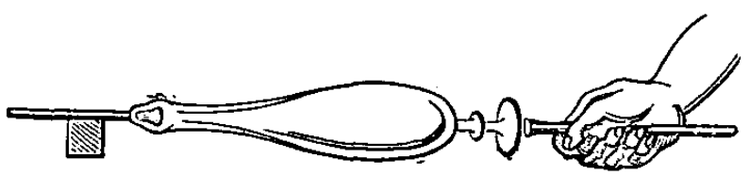


Fig. 624.

et, en particulier, qu'on terminera la partie demeurée informe qui restait au-dessus du moule et adhérait à la canne. Il faut, en effet, couper la boule allongée de verre qui adhérait à la canne en un certain point de sa hauteur, et arrondir la tranche ainsi formée. La coupure peut s'exécuter par divers procédés, propres à couper le verre en général, la plus employée consiste à projeter sur la pièce, suivant la ligne de section, la flamme d'un chalumeau à gaz à courant d'air, en disposant la pièce sur un plateau de tour en regard de la flamme. Le cristal subit un échauffement suivant la ligne de section, et en l'enveloppant dans un linge imbibé d'eau froide, il y a séparation des parties sui-

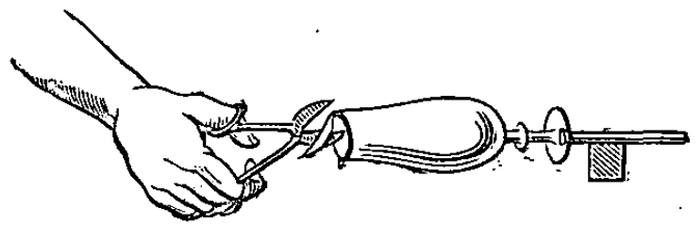


Fig. 625.

vant cette ligne. Il n'y a plus qu'à enfermer le verre dans un manchon, adapté à un tour, et avec une pierre de grès à arrondir les deux arêtes de la section, opération qu'on achève par un nouveau passage sur la flamme du chalumeau. Une deuxième recuisson est nécessaire. Cette fabrication dite à *calotte* est spéciale au continent et s'y développe de plus en plus. En comparant ce mode de travail au premier, on voit qu'il tient à la fois du soufflage et du moulage, il forme l'intermédiaire entre chacun de ces procédés particuliers. Il est d'un usage constant pour la fabrication des flacons, carafes, etc.

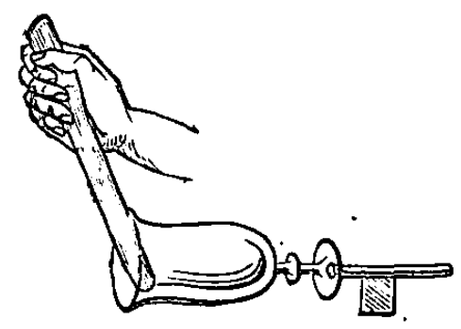


Fig. 626.

La figure 627 montre un moule pour carafe, composé de plusieurs pièces, s'assemblant les unes avec les autres et permettant de dégager du moule la pièce une fois soufflée.

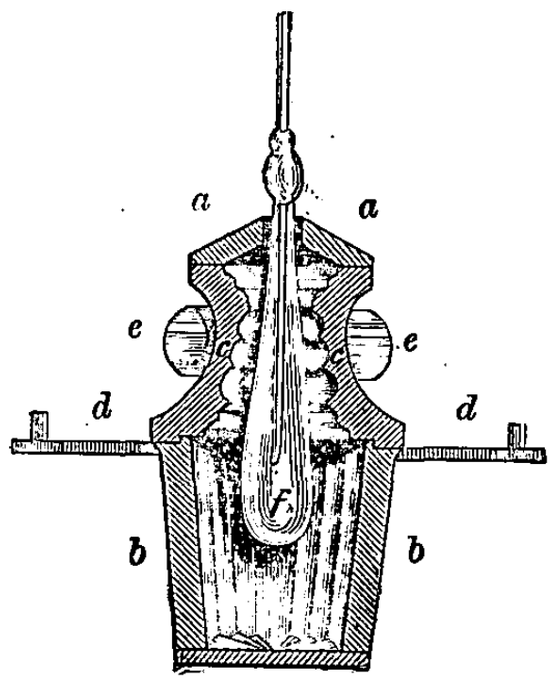


Fig. 627.

La section du moule est faite suivant un plan de symétrie. Les deux portions *b*, *c*, munies d'un renflement caché dans la fig, 627 pivotent autour d'un boulon à écrou, qui passe au travers. Lorsqu'on les écarte pour ouvrir le moule, la pièce *dd* leur sert de guide, et à l'aide des saillies qu'on distingue aux extrémités limitent l'ouverture. Un boulon à vis, passant dans deux oreilles, sert à fixer invariablement les deux pièces quand elles sont rapprochées. On voit en *e* des oreilles où l'on peut insérer deux tiges à poignée pour la manœuvre. Cet appareil était depuis longtemps employé en Angleterre. M. Gerke, qui l'a

introduit en France, y a apporté un perfectionnement notable, par l'addition du chapeau *a*, qui sert à fermer le moule par en haut, en le faisant glisser sur la canne après qu'on a introduit la masse de cristal *f*.

Le procédé de moulage ne sert quelquefois qu'à donner une forme approximative de l'objet, ou du moins ne le prépare que dans une certaine partie. On fait alors réchauffer la pièce, et on la termine en la roulant sur la table, en y pratiquant des moulures avec des outils appropriés. La figure 628 représente un ouvrier occupé à terminer ainsi le goulot d'une carafe.

Fig. 628.

Il est inutile d'insister beaucoup pour faire saisir tous les avantages de ce mode d'opérer, il permet, quand il s'agit de pièces façonnées du genre de celle que venons de citer, d'abréger considérablement les opérations ultérieures, en particulier, celle de la taille, toujours assez coûteuse, et de livrer à un bon marché relatif des objets façonnés. Toutefois il offrait certaines difficultés pratiques. On comprend, en effet, que le souffleur doit éprouver une certaine difficulté pour comprimer suffisamment l'air à l'intérieur de la pièce, de façon à ce que la matière pâteuse épouse exactement toutes les sinuosités du moule. Cette difficulté a été très ingénieusement surmontée par une disposition auxiliaire, due à un ouvrier de l'usine de Baccarat, M. Robinet, et qui a contribué pour beaucoup dans le développement de ce genre de fabrication. Elle consiste dans l'emploi d'une sorte de pompe, formée d'un cylindre de métal avec un piston en cuir embouti et un ressort à boudin, dont on coiffe l'embouchure de la canne, dès que le souffleur a produit l'effort moyen ordinaire, et qui permet en abaissant le piston de comprimer plus énergiquement l'air dans le moule, pression que le jeu du ressort à boudin, modère à volonté.

Le moulage proprement dit sert à fabriquer les pièces de dimensions considérables, et de formes si variées qu'on rencontre en si grand nombre dans le commerce, et qu'on n'aurait pu obtenir par le soufflage. Bien que le principe de ce procédé soit fort simple à expliquer, puisqu'il s'agit simplement de comprimer le cristal dans une matrice avec un noyau de forme correspondante, on comprend quelle complication il apporte dans le matériel d'une usine qui possède une grande variété de modèles. Les pièces moulées sont toujours un peu ternes et rugueuses, et cela malgré tout le soin apporté à la fabrication des moules et l'emploi de fonte de première qualité pour les confectionner. Un passage au feu au bout du pontil leur rend l'aspect convenable, en amenant sur la surface une fusion de la matière, mais on comprend quelles difficultés surgissent alors avec certaines pièces, pour ne pas dépasser le point convenable, et ne pas tomber dans un autre défaut, celui de la déformation des pièces, ce qui nécessite des retouches à la pince toujours très délicates. Il y a là de la part des ouvriers exerçant ce travail une question d'habileté, qui caractérise la perfection des produits livrés par certaines usines.

Pour ne pas interrompre la suite des opérations dans la fabrication des pièces que nous avons présentées comme type, nous avons supposé qu'elles marchaient sans discontinuité; mais l'on comprend bien qu'il n'en est pas toujours ainsi. Plus la pièce est de forme compliquée, plus il faut y ajouter de parties accessoires, comme, par exemple, une coupe à quatre pieds et à anses, et plus le travail se complique. Comme il faut que la masse de cristal soit toujours à un certain degré de température, permettant aux parties ajoutées de faire corps avec les premières, il est évident qu'à mesure que le travail se prolonge, cette condition cesse d'être satisfaite, et qu'il est nécessaire, pendant le cours de la fabrication, de *réchauffer* la pièce quelquefois même à plusieurs reprises, pour conserver la pièce dans l'état voulu. Ce travail peut se faire en reportant les pièces au bout de la canne ou du pontil, soit dans des fours spéciaux, analogues cependant aux fours de fusion et pour lesquels le système à générateur convient particulièrement ; soit en utilisant simplement les ouvreaux du four de fusion, procédé le plus simple et le plus répandu. Seulement, comme le chauffage à la houille existe presque partout, il est bon de ne pas exposer directement les pièces à la flamme toujours un peu chargée de fumée, mais bien dans des sortes de moufles peu épaisses que ces flammes lèchent extérieurement.

D'après tout ce qui précède, on voit qu'une pièce de cristal, pendant toute la période que dure sa fabrication, est soumise à une très haute température. Si on l'abandonnait alors à l'air libre, on aurait à redouter un refroidissement trop brusque

qui produirait une sorte de trempe rendant le cristal très fragile, et de plus, comme dans presque tous les objets de cristal, il y a des parties rajoutées, que toutes ces parties ont pu l'être à des températures différentes, l'inégalité du refroidissement amènerait des différences de contraction et la séparation de ces pièces. C'est, du reste, là l'explication de ce fait si fréquent de la rupture des anses ou des pieds près des points d'attache. Pour prévoir ces accidents, on soumet les objets fabriqués à un réchauffement voisin du point de fusion du cristal, qu'on appelle le *recuit*, où toutes les parties d'une même pièce reprennent ainsi un degré uniforme de chaleur, puis on laisse refroidir graduellement et régulièrement à l'abri de tout courant d'air. Autrefois la recuisson s'opérait toujours dans des fours spéciaux dits *arches*, sortes de fours à reverbère sur la sole desquels se déplaçaient une série de chariots, qu'on chargeait par une ouverture voisine du foyer et qui y circulaient dans toute la longueur, de façon que, lorsque les pièces arrivaient à l'extrémité, elles étaient à peu près à la température extérieure. Ces fours occupaient une grande place, on les remplace quelquefois aujourd'hui par un four modifié dit *arche courte*, par opposition avec le premier. Le four beaucoup plus court ne contient que quelques chariots quand ils sont arrivés à l'extrémité de la course, on les coiffe avec une boîte en tôle, qui descend dans une petite cuvette,

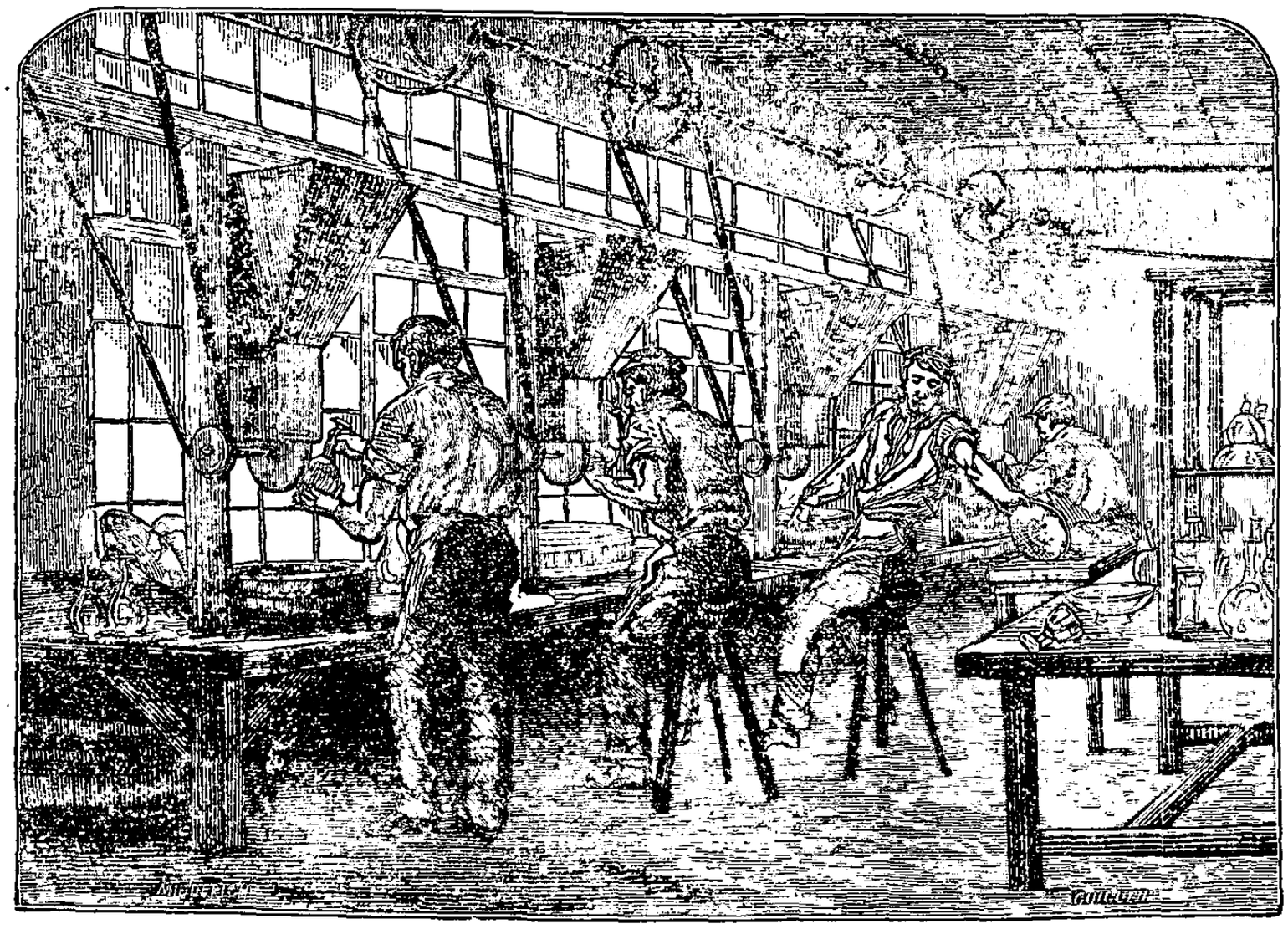


Fig. 629. — *Taille du cristal.*

pleine de sable, bordant tout le périmètre du chariot, et abritant complètement ainsi les objets de l'action de l'air extérieur.

Décoration du cristal. La décoration du cristal comprend plusieurs opérations de nature différente : la taille et la gravure à la roue, qui ont pour objet de pratiquer sur les surfaces du cristal des facettes planes ou courbes, à arêtes vives, dont le but est, non seulement de modifier la surface, mais encore de la remplacer par une série de prismes où la lumière vient se jouer. La gravure aux acides, qui sert à couvrir le cristal de dessins, soit en mat sur des fonds clairs ou inversement, dessins aussi riches et aussi variés que peut souhaiter la fantaisie du compositeur.

La dorure, dont le rôle se comprend aisément, et enfin l'emploi des cristaux de couleur, qui depuis quelques années surtout, a beaucoup favorisé le développement des objets de fantaisie. Il est facile de comprendre comment, en fabricant un verre, une coupe, une carafe, etc., on peut, en prenant, pour faire les pieds, les anses, etc., du cristal de couleur différente de celle qui a servi à former le corps de l'objet, obtenir déjà toute une série d'effets décoratifs. Mais l'emploi des cristaux colorés offre encore de nouvelles ressources. Si, en effet, l'ouvrier, après avoir puisé avec sa canne une certaine masse de cristal blanc, trempe cette boule dans du cristal coloré en fusion, de façon à envelopper le premier cristal d'une couche du second ; lorsqu'il soufflera, il obtiendra une masse de cristal composée d'une première couche plus ou moins mince du coloré et d'une seconde couche plus épaisse de blanc. A l'aide des procédés de taille et de gravure, on pourra mettre à nu le cristal blanc, suivant des dessins choisis à volonté, lesquels apparaîtront ainsi avec une couleur différente du fond général. L'emploi des couleurs vitrifiables permet, par les procédés de peinture et de cuis-

son, d'obtenir encore un autre mode de décoration du cristal.

La *taille* comprend une série d'opérations désignées par des noms particuliers : l'*égrisage*, la *doucie* et le *poli*. Elles s'exécutent toutes d'une façon analogue, à l'aide de meules tournantes en fer, en pierre ou en bois, avec du sable mouillé, de la pierre ponce, de la terre pourrie, de la potée d'étain, etc., suivant qu'il s'agit d'entailler plus

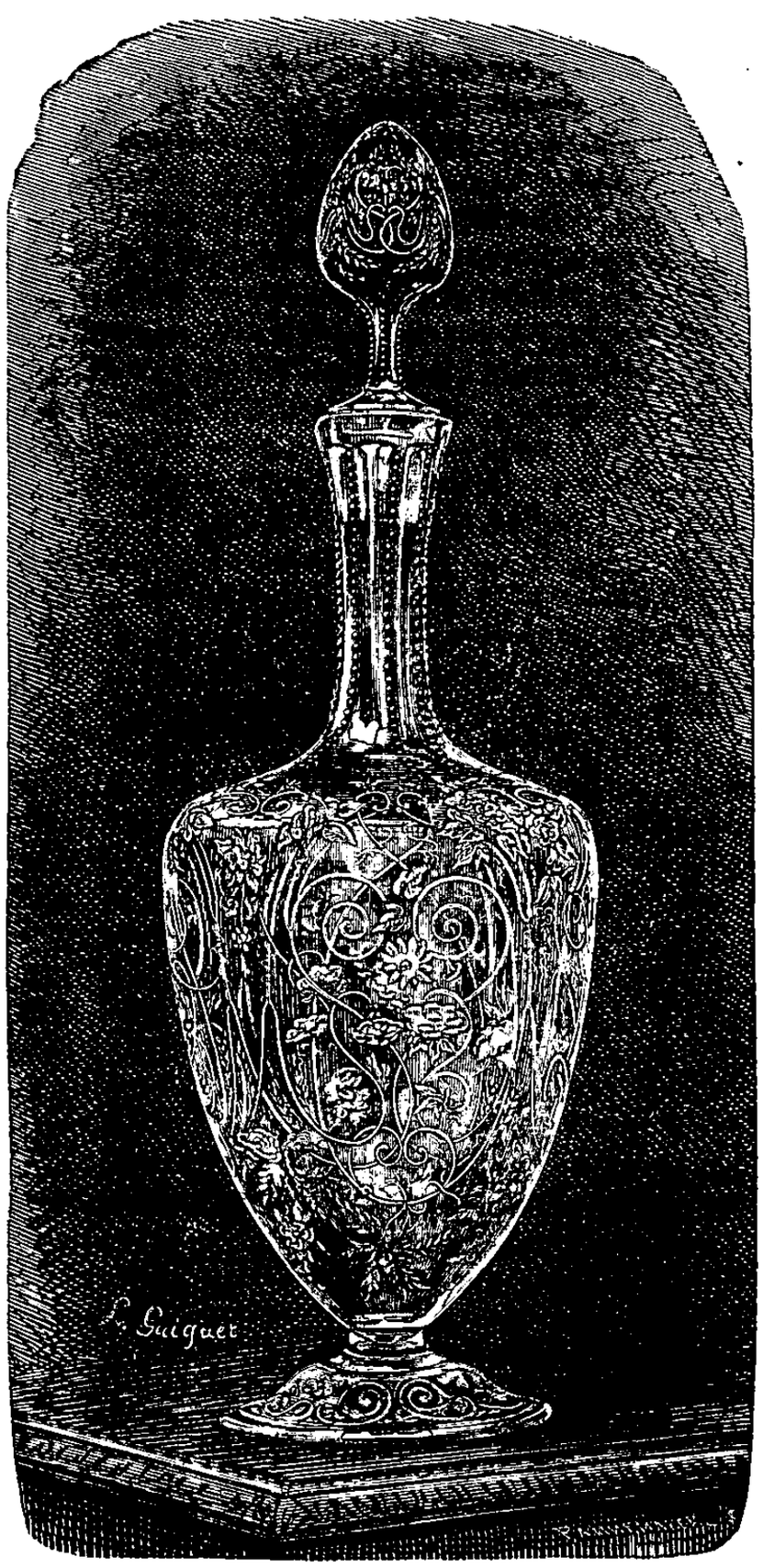


Fig. 630.

ou moins profondément, d'adoucir des arêtes pour obtenir un contour rond, ou enfin de polir l'ouvrage. En général, toutes ces opérations s'exécutent dans un même atelier, où les ouvriers, disposés en ligne devant un grand établi, reçoivent chacun à leur tour les pièces amenées à un certain état d'avancement, et les transmettent aux suivants, après y avoir exécuté eux-mêmes une certaine partie du travail, ainsi que la figure 629 en donne l'idée. Il serait difficile de décrire aussi rapidement qu'elles sont exécutées devant la table la succession complète des opérations nécessaires pour tailler les facettes d'un verre de cristal, chaque ouvrier n'exécutant qu'une partie du travail, souvent impossible à reconnaître pour un œil inexpérimenté, et la pièce sortant ainsi achevée des mains du dernier de la série sans qu'on puisse, en quelque sorte, suivre ses transformations. Bien que simple en apparence, le matériel d'un atelier de taille, tout en ne comprenant que des roues ou plateaux, se complique considérablement, par suite de la quantité des pièces nécessaires pour exécuter les nombreux travaux qui se présentent. L'ouvrier se sert, suivant les diverses phases du travail de la tranche, du plat, ou de l'arête des plateaux; la matière délayée qui doit toujours humecter la roue, est disposée dans une auge au-dessus de lui et est entraînée par un filet d'eau convenablement réglé, l'ouvrier pouvant, d'ailleurs, en prendre à la main dans le réservoir

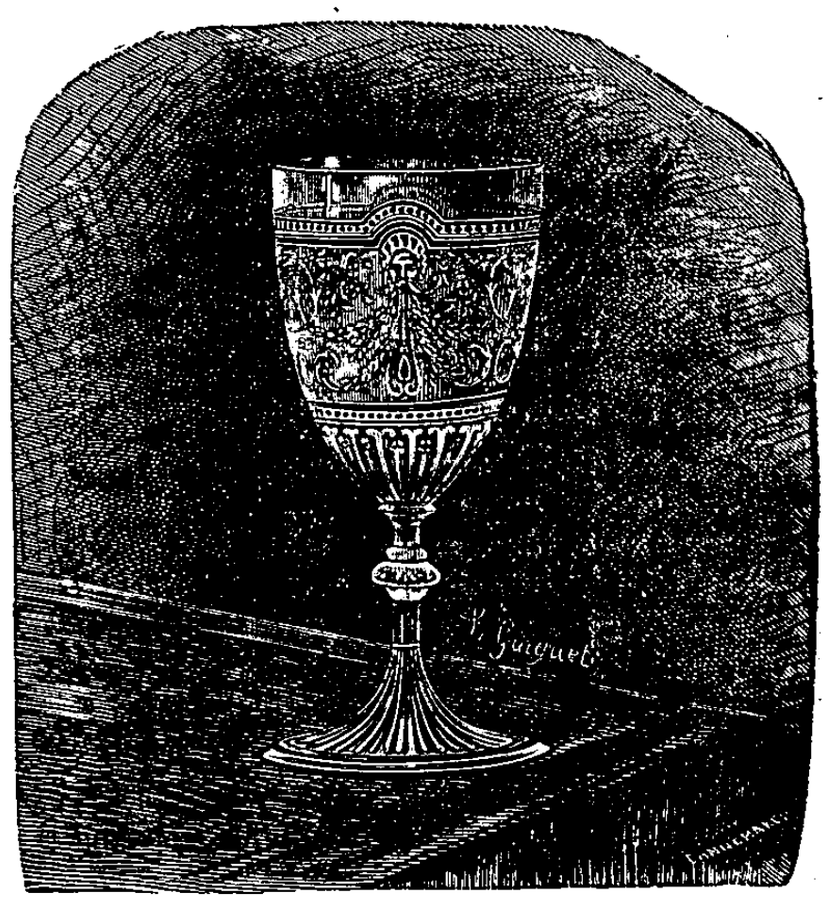


Fig. 631.

placé sur la table et la rejeter sur la roue quand il vient à en manquer.

La *gravure* s'exécute à l'aide de l'acide fluorhydrique, ou à l'aide des procédés qui ont déjà été décrits dans l'article consacré à ce corps (V. ACIDE FLUORHYDRIQUE) ; il en est de même des procédés d'*argenture*, de *dorure*, de *platinure*, pour lesquels nous renvoyons à ces divers mots.

Nous ne pourrions entrer ici dans la description détaillée des pièces en tous genres, qu'on peut établir, à l'aide de ces procédés combinés entre eux. Il est bien évident, d'abord, que le choix des modèles, des formes, des dessins et ornements appliqués, tient une place considérable dans la question, et ne dépend que du goût artistique de ceux qui président à cette fabrication. C'est ce goût, dont tous les produits français portent toujours l'empreinte, qui a tant contribué, avec les soins apportés à la fabrication des matières premières, à établir la réputation universelle de nos grandes fabriques, comme celles de Baccarat, de Saint-Louis, etc., etc. Nous bornant

ici simplement à l'exposé des méthodes générales du travail, nous croyons n'avoir pas besoin d'insister pour mettre en saillie les ressources que l'on trouve dans la combinaison des procédés de décors, dus à la taille, à la gravure, à la dorure.

Nous donnons, dans les figures 630 et 631, la représentation d'une carafe et d'un verre, où l'on a habilement su allier la taille et la gravure.

Fabrication du cristal pour les besoins de l'optique. Le cristal qui entre dans la composition des pièces d'optique, et désigné sous le nom de *flint-glass*, pour le distinguer des parties en simple verre dites *crown glass*, exige une série de qualités propres qui, jadis, en rendaient la fabrication beaucoup plus difficile que lorsqu'il s'agissait simplement des articles de cristallerie ordinaire. C'est aux travaux de Bontemps et des Guinand que l'industrie est redevable de la fabrication de ce cristal spécial, avec lequel on a pu, en le combinant au crown glass, obtenir les objectifs achromatiques.

Voici les compositions données par ces auteurs :

Sable.	100 kilogrammes.
Minium.	100 —
Potasse.	30 —

Le point essentiel à réaliser dans une pièce de cristal destinée à la confection d'une lentille, c'est qu'il soit d'une homogénéité absolue et que la densité n'offre aucune variation d'un point à un autre de la masse. De là, la nécessité d'un brassage énergique des matières en fusion, afin d'éviter les phénomènes de liquation des couches liquides, dus aux différentes densités des substances constituantes. Le brassage n'aurait pu se pratiquer sans inconvénients avec un ringard de fer, attaqué lui-même et par suite altérant le produit. C'est à Guinand qu'on doit l'idée de l'emploi d'un cylindre, en terre analogue à celle qui constitue le creuset, garni à sa partie supérieure d'un rebord plat, pour s'appuyer sur la surface du creuset, dans lequel on introduit un crochet de fer, permettant le brassage sans inconvénient, ainsi qu'on le voit dans la figure 632, qui représente en coupe la vue d'un creuset dans son four, avec le cylindre et le crochet à brasser. Ce brassage doit être exercé non seulement au moment où le cristal est le plus liquide, mais encore jusqu'à celui où la matière, en se refroidissant, s'oppose à cette opération. Mais afin d'éviter, dans cette dernière période, la production de bulles, qui auraient de la peine à s'échapper et pourraient rester emprisonnées dans le cristal, il faut prolonger l'état de liquéfaction assez longtemps pour que le cristal s'épure le plus possible et devienne moins sujet à donner encore des bulles vers la fin de l'opération.

Le brassage se fait en deux fois, une première dès que le flint glass est fondu, suivi d'une période de refroidissement du four et le second après la remise en pleine fonte. Le second brassage, avec une charge de 80 kilogrammes, ne dure pas moins de deux heures et sans interruption. Puis on laisse refroidir lentement le four, en bouchant hermétiquement le creuset, et l'on extrait le creuset avec son contenu, qui y est attaché. Lorsqu'on brise le creuset, la masse de cristal se présente divisée en couches plus ou moins épaisses, séparées par de petites bandes striées.

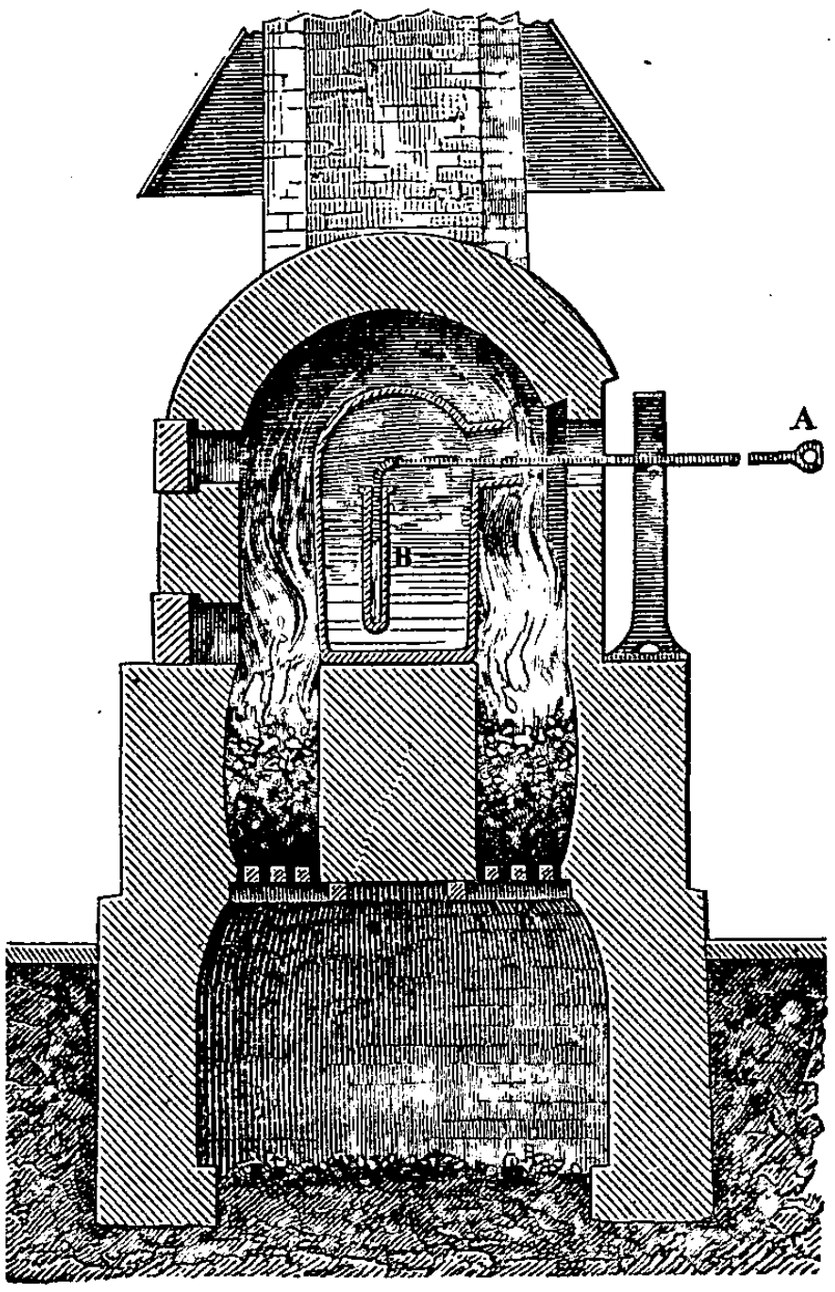


Fig. 632.

On scie la masse, suivant ces dernières bandes, en formant ainsi des pièces où l'homogénéité peut être supposée aussi complète que possible. Ce sont ces disques qui servent à la fabrication des lentilles. — R.

* **CRISTALLIER.** *T. de mét.* Se dit du graveur en cristaux.

* **CRISTALLIÈRE.** *T. techn.* Machine qui sert à travailler le cristal de roche.

CRISTALLISATION. *T. de chim.* Lorsqu'un corps, en passant de l'état liquide ou gazeux à l'état solide affecte des formes régulières, géométriques, on dit qu'il est *cristallisé*. Ce changement d'état particulier, opération intime et moléculaire, se nomme *cristallisation*. Ces formes polyédriques à faces planes, polies, symétriques que présentent le solide, prennent le nom de *cristaux*, quelle que soit la nature des substances qui les constituent. Le mot de cristallisation est aussi employé pour désigner les cristaux eux-mêmes. C'est dans ce sens qu'on dit : de *belles cristallisations*, pour signifier de beaux échantillons de cristaux.

Les corps qui en se solidifiant ne prennent pas de formes géométriques sont dits *amorphes*, qu'ils soient en masses compactes ou en poudre comme les *précipités*. Mais si le passage à l'état solide se

fait lentement, si la cause (chaleur ou force dissolvante) qui avait vaincu la cohésion, cesse peu à peu d'agir, alors les molécules obéissant à leur attraction mutuelle, se polarisent, s'attirent, se groupent suivant les faces, les arêtes, les sommets homologues et constituent des solides de formes géométriques.

Si dans une masse cristalline on rencontre parfois des angles rentrants, cela tient à l'accolement de deux ou plusieurs cristaux en *macles*. La plus grande partie des substances connues sont susceptibles de cristalliser sous des formes qui sont toujours les mêmes, pour des conditions identiques, mais qui varient avec les circonstances concomitantes.

Quelquefois la cristallisation d'un corps n'est pas apparente, mais sa cassure, vue à l'œil nu ou examinée à la loupe, montre qu'il est formé de petits cristaux juxtaposés. D'autre part, tel corps qui ne cristallise pas dans certaines conditions, peut cristalliser en d'autres. Pour un tel corps l'état amorphe est instable ; c'est ce qui arrive pour le *sucre d'orge*, amorphe dans les premiers moments et devenant, avec le temps, cristallin. L'acide arsénieux est dans le même cas ; il est vitreux, puis cristallisé. Plusieurs précipités deviennent grenus, cristallins.

Enfin, il est un assez grand nombre de substances qui, par leur nature même, ne sont pas susceptibles de cristalliser ; telles sont les substances dites *colloïdes* (gélatine, albumine, gommes, résines, tannin, amidon, dextrine, caramel; etc.). On donne le nom de *cristalloïdes* à toutes les substances capables de cristalliser (métalloïdes, métaux, composés acides, oxydes, neutres, salins, etc.). On peut provoquer la cristallisation des corps de différentes manières dont nous allons indiquer les principales, comprises sous ces deux chefs : *cristallisation par voie sèche* et *cristallisation par voie humide*.

Cristallisation par voie sèche. 1° *Cristallisation par fusion.* Si après avoir fondu du soufre dans un creuset en terre ou dans un ballon de verre à demi-plein, on abandonne le liquide au refroidissement, on voit bientôt sa surface se couvrir d'une pellicule solide dont l'épaisseur augmente sans cesse et qui finirait par envahir toute la masse liquide. Si l'on perce, avec une tige de fer chaude, cette pellicule, lorsqu'on juge qu'elle a seulement deux ou trois millimètres d'épaisseur, deux trous opposés, l'un pour faire écouler le liquide (ce qui s'appelle *décanter*), l'autre pour donner passage à l'air, on interrompt ainsi la cristallisation en train de se former, on prend en quelque sorte la nature sur le fait, suivant l'expression de Fontenelle, et l'on trouve, après avoir brisé le vase, des cristaux de soufre en longues aiguilles qui en tapissent les parois. La cristallisation du *bismuth*, par ce procédé, offre un des plus beaux exemples de ce changement d'état. La fusion du métal se fait dans un vase en terre ou en fonte. Après avoir décanté le liquide restant et brisé la croûte superficielle, on trouve au-dessous d'elle, contre le fond et les parois du vase, de magnifiques cristaux de forme cubique, disposés en gradins et présentant des reflets irisés très vifs provenant de l'oxydation superficielle du métal, sous l'action de l'air, quand la température du bismuth est assez élevée. Pendant ce refroidissement, le corps fondu abandonné au repos doit être placé dans un endroit où il se trouve à l'abri de toute vibration.

L'*antimoine* donne aussi d'assez belles cristallisations par ce procédé qui peut être employé pour un grand nombre de métaux et d'alliages.

2° *Cristallisation par sublimation.* Certains corps ont la propriété de passer de l'état solide à l'état gazeux sans passer par l'état intermédiaire liquide : on dit alors qu'il y a *sublimation ;* et réciproquement de retourner de l'état gazeux à l'état solide, par refroidissement, sans passer par l'état liquide ; tels sont l'iode, l'arsenic, l'acide borique, la naphtaline, le camphre, etc. Pour faire cristalliser l'iode par sublimation, il suffit de chauffer doucement ce solide dans une soucoupe sur laquelle on place un entonnoir renversé. Bientôt on voit sur les parties froides de l'entonnoir de nombreuses petites lamelles cristallines. L'expérience réussit très bien entre deux verres de montre un peu gros et bombés. La concavité du verre supérieur est tapissée de cristaux d'iode. En chauffant de l'iode dans un ballon, il se produit à l'intérieur une vapeur violette qui, par refroidissement, dépose des paillettes cristallines contre les parois et le col du ballon.

Pour l'arsenic on se sert d'une cornue en terre, dont on chauffe le fond et dont le col communique à un récipient entouré d'eau froide. Après refroidissement de l'appareil, on casse la cornue et l'on trouve, à son sommet et dans le col, de nombreux cristaux provenant de la volatilisation de la substance.

Le camphre cristallise aussi par sublimation contre les parois des cloches de verre sous lesquelles on place quelques morceaux de ce corps.

On utilise encore la sublimation pour séparer les corps volatils des matières terreuses avec lesquelles ils se trouvent mêlés dans la nature. C'est ainsi que le soufre *en fleurs* est obtenu pur, en chauffant le soufre brut et en faisant arriver les vapeurs dans de vastes chambres contre les parois desquelles se condense le soufre *utriculaire*.

3° *Cristallisation par dissolution à haute température.* Certains corps tels que l'acide borique, les phosphates et silicates alcalins, fusibles seulement à de hautes températures, ont alors la propriété de dissoudre la plupart des oxydes métalliques. En maintenant le mélange pendant quelque temps à une température suffisamment élevée, le dissolvant se volatilise et laisse, par un refroidissement lent, les oxydes à l'état cristallin semblables aux cristaux que nous offre la nature. C'est ainsi que M. Ebelmen, qui a inauguré cette méthode, a obtenu le rubis spinelle cristallisé, en dissolvant dans l'acide borique fondu les deux oxydes (magnésie et alumine) qui le constituent. C'est par ce procédé qu'on a obtenu le corindon, la topaze, le lapis, l'émeraude, les grenats, etc.

Cristallisation par voie humide. Elle est très usitée dans les laboratoires et pratiquée

en grand dans l'industrie des produits chimiques, et se fait par les deux procédés suivants : 1° *Cristallisation par dissolution et refroidissement.* Ce procédé est applicable seulement aux substances plus solubles à chaud qu'à froid. Tels sont: le salpêtre, le chlorate de potasse, le carbonate de soude, le phosphate de soude, le sulfate de cuivre, etc. La cristallisation est d'autant plus belle que le refroidissement a été plus lent. Ce procédé est employé aussi pour séparer une substance d'une autre quand leur solubilité n'est pas la même à chaud et à froid.

2° *Cristallisation par dissolution et évaporation.* C'est le procédé le plus usité et celui qui convient au plus grand nombre des substances cristallisables. Le dissolvant est tantôt l'eau, l'alcool, tantôt le sulfure de carbone, tantôt les essences, etc. On dissout la substance dans une quantité de liquide telle que la cristallisation ne se produise qu'au bout de quelques heures. On abandonne la dissolution dans un endroit dont la température ne soit pas trop élevée, afin que la cristallisation s'effectue lentement.

C'est ainsi que l'on obtient le sel marin par évaporation, car il est presque aussi soluble à froid qu'à chaud. Ce procédé est employé pour séparer deux substances inégalement solubles dans le même liquide. En général, la cristallisation est un des meilleurs moyens d'obtenir une substance à l'état de pureté. C'est ainsi, par exemple, que la soude brute (carbonate de soude) d'un gris-bleuâtre donne, après deux cristallisations, des cristaux parfaitement blancs, nommés *cristaux de soude* dont on fait un très grand usage dans le commerce.

On connaît encore d'autres procédés de cristallisation, mais ils sont peu usités, tel est le procédé employé par Despretz pour faire cristalliser le carbone au moyen d'un courant électrique produit par 400 éléments de Bunsen, ou celui de M. Becquerel père, qui utilisait les courants électriques très faibles agissant pendant des années sur des substances renfermées dans des tubes de verre. Le procédé de M. de Sénarmont qui opérait dans des tubes de verre fermés et à la température de 300° a donné des résultats qui intéressent plus la théorie que la pratique industrielle.

Causes qui influent sur la cristallisation. En général, le *repos* et le *temps* sont deux conditions essentielles d'une cristallisation normale. Quand une dissolution est agitée, les cristaux qui s'y forment sont petits, confus. On sait que les glaces destinées à être mangées sont obtenues en agitant incessamment la sorbétière qui les contient, au milieu du mélange réfrigérant, dans le but de briser les cristaux à mesure qu'ils se forment, afin qu'ils ne soient pas croquants sous la dent.

On a pu maintenir de l'eau liquide à —20° dans des tubes de verre *en repos parfait*, la surface de l'eau étant recouverte d'une couche d'huile, pour éviter le contact de l'air ambiant; dans la grande majorité des cas, le passage de l'état liquide à l'état solide doit se faire *lentement* pour que les cristaux élémentaires puissent se grouper symétriquement. Toutefois, dans beaucoup de circonstances, la cristallisation est rapide et presque *instantanée*. Ainsi les dissolutions *sursaturées* (de sulfate de soude, d'acétate de soude, d'alun, etc.) cristallisent dans l'espace de quelques secondes et souvent dans toute la masse, lorsqu'on vient à jeter dans ce liquide un petit cristal de la substance en dissolution. D'un autre côté, il n'est pas rare de produire, par le mélange de deux dissolutions saturées convenablement concentrées, des cristaux instantanés.

La *présence de matières étrangères* solides, en suspension dans le liquide, favorise la cristallisation. C'est pour aider à la cristallisation du sucre candi, que l'on tend dans le cristallisoir des fils sur lesquels les cristaux viennent se déposer et grossir. Les matières étrangères, en dissolution dans le liquide à cristalliser, ont pour effet de donner aux cristaux plus de volume et d'altérer les formes planes des faces polyédriques. La *rugosité* des vases aide à la cristallisation, en présentant des aspérités sur lesquelles les cristaux commencent à se déposer; or, un cristal, jouant en quelque sorte le rôle d'un aimant, attire à lui d'autres cristaux élémentaires qui viennent le grossir. Enfin, l'*élévation de température*, en favorisant l'évaporation, facilite le dépôt cristallin, puisqu'une certaine quantité de liquide ne peut retenir en dissolution (du moins dans les conditions ordinaires) qu'une quantité déterminée de substance.

Pour obtenir des cristaux volumineux, on prend, d'après la méthode de Leblanc, de petits cristaux isolés, bien réguliers, qui se sont déposés dans une dissolution ; on les porte dans un autre vase à fond plat (cristallisoir), où l'on ajoute la liqueur saturée dans laquelle ils se sont formés et l'on abandonne la dissolution à évaporation spontanée. De nouveaux cristaux élémentaires se déposent sur les faces des premiers cristaux. Et si l'on a soin de retourner ceux-ci successivement sur chacune de leurs faces, après des intervalles de temps égaux, on obtient des cristaux, ainsi *nourris*, très volumineux et assez réguliers.

Il faut remarquer que quand un cristal est ainsi placé dans le fond d'un vase contenant le liquide saturé, la face inférieure se développe (à l'inverse de ce qu'on pourrait croire) beaucoup plus que les autres ; en outre le cristal se soulève sur ses bords et forme à la surface inférieure un angle rentrant. Voilà pourquoi ce procédé ne donne pas de formes bien régulières. On lui préfère le suivant :

Cet autre moyen consiste à suspendre un petit cristal par un fil fin et résistant, dans la dissolution saturée. Là, entouré de tous côtés par *l'eau-mère*, il croît régulièrement et peut atteindre des dimensions beaucoup plus grandes que par tout autre procédé. On a remarqué qu'un cristal dont on a enlevé ou dissout une arête, un sommet, remis dans sa dissolution (les conditions physiques et chimiques n'ayant pas changé), tend à reformer exactement les parties enlevées.

Nous ne pouvons quitter ce sujet sans dire quelques mots du mode de cristallisation imaginé par M. Kuhlmann. Le savant chimiste mêlait aux dissolutions salines des substances incristallisa-

bles (gomme, mannite, etc.) qui, en entravant le phénomène de solidification, avaient pour effet de produire des formes curvilignes dans les groupements cristallins. d'où il résulte des figures remarquables par leur beauté et par la variété des dispositions qu'ils présentaient, formes qui pourraient trouver des applications dans l'industrie.

Un mode de cristallisation qui a quelque analogie avec le précédent est celui que M. Decharme emploie pour conserver les formes cristallines de l'eau (1), formes si variées, si délicates, en plumes, en palmes, en aigrettes, etc.

Pour l'importance des formes cristallines en chimie et en minéralogie, voir CRISTALLOGRAPHIE. — C. D.

V. *Physique moléculaire*, par l'abbé MOIGNO, 1868.

***CRISTALLISOIR.** *T. techn.* Vase appelé aussi *cristalliseur* destiné aux cristallisations des substances en solution. — V. l'art. précédent.

CRISTALLOGRAPHIE. *T. de chim. et de minér.* Science qui a pour objet la description des formes cristallines que les corps peuvent affecter dans des conditions diverses. Elle s'occupe de rattacher ces formes, dont les variétés sont pour ainsi dire infinies, à un très petit nombre de types, en indiquant les procédés géométriques suivant lesquels s'effectuent les passages successifs d'une forme à l'autre, pour une même substance; elle donne les moyens de déterminer les éléments caractéristiques d'un cristal : mesures d'angles, rapports de grandeur des lignes (paramètres, axes, etc.). Enfin, la cristallographie est une véritable langue qui, par l'emploi de formules algébriques et de constructions géométriques, met à même de représenter exactement toutes les formes cristallines réalisées dans la nature, ou dans les laboratoires, ou simplement possibles.

La connaissance des formes cristallines des corps est très importante en chimie et en minéralogie; c'est le principal, et quelquefois l'unique moyen de reconnaître la nature d'un corps.

Outre l'étude des formes *extérieures* des corps, la cristallographie s'occupe de leur structure physique *interne*, du mode de formation des cristaux, de la disposition réticulaire des plages successives qui concourent à l'édifice cristallin, en un mot des lois physiques qui président aux divers arrangements que peuvent affecter les groupes moléculaires. La cristallographie est une science toute moderne (ne datant pas d'un siècle) et toute française dans ses origines. Romé de Lisle et Haüy en sont les fondateurs. Parmi les savants qui s'y sont distingués à divers titres, nous citerons : Malus, Wollaston, Dana, Kupffer, Miller, de Sénarmont, Beudant, Delafosse, G. Rose, Mitscherlich, Aldermann, Haïdinger, Hausmann, Brongniart, Dufrénoy, Bravais, Mohs, Weiss, Naumann, Pasteur et Laprovostaye, etc.

Mais, comme ces formes varient d'une espèce à l'autre et qu'elles diffèrent aussi pour la même substance, suivant les conditions dans lesquelles la cristallisation s'est produite (V. CRISTALLISATION); il résulte de là des difficultés nombreuses pour caractériser un corps par ses formes cristallines. Il faut, pour se guider dans cette voie, la connaissance de principes généraux et celle des conventions sur lesquelles se base la langue cristallographique, conventions et principes qui vont être exposés.

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES CRISTAUX. Tous les cristaux, quel que soit le mode employé pour les obtenir, ont des *formes polyédriques*, c'est-à-dire qu'ils sont terminés de tous côtés par des plans qu'on nomme les *faces* du cristal (1). Ils sont à angles saillants (on n'observe d'angles rentrants que dans les cristaux groupés en *macles*). Les *arêtes* d'un cristal sont les lignes droites, suivant lesquelles les faces se coupent (on voit quelquefois des arêtes courbes, même dans le diamant). L'*angle* de deux faces contiguës est l'*angle dièdre* qu'elles font entre elles. Les *angles solides* sont formés par trois ou un plus grand nombre de faces.

Formes simples et formes composées. Un cristal a une *forme simple* quand toutes ses faces sont *égales* entre elles. Si les faces sont d'espèces différentes les unes des autres, la forme est dite *composée*. On peut toujours ramener celle-ci à une forme simple en supposant prolongées toutes les faces d'une même espèce. On voit d'après cela ce qu'on doit entendre par *formes dominantes* et par *formes secondaires*.

Troncatures. Une arête de cristal est dite *tronquée* quand elle est remplacée par une face qui lui est parallèle. Si la forme modifiante, qu'on appelle *face* ou *facette de troncature*, fait des angles égaux avec les deux faces qui se coupent suivant l'arête modifiée, la troncature est *droite* ou *tangente*. Dans le cas contraire, elle est *oblique*. De même pour la troncature des angles solides. Une arête, remplacée par deux faces qui lui sont parallèles, se nomme *biseau*. Un angle remplacé par un autre plus obtus se nomme *pointement*. Le nombre des facettes du pointement peut être égal à celui de l'angle primitif; mais ordinairement il n'en est que la moitié.

Clivages. On donne ce nom à la propriété que possèdent les corps cristallisés de pouvoir être fendus, par le choc d'une lame d'acier, suivant des faces planes. Cette division se fait dans une ou plusieurs directions qu'on nomme *plans de clivage* ou simplement *clivages* (V. ce mot). Dans une même substance les clivages forment des angles invariables entre eux et avec la face du cristal. La réunion des plans de clivages constitue un solide auquel on a donné le nom de *solide de clivage*, qui reste le même pour toutes les formes, souvent très variées, qu'affecte un même corps. On nomme *centre* d'un cristal un point tel que toute droite qui y passe et se termine à la surface du cristal, est coupée en ce point en deux parties égales. Les *axes* sont des lignes idéales passant par le centre et autour desquelles les faces sont disposées symétriquement. On peut prendre pour

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, tome XCVI, page 869 (26 mars 1883).

(1) Il faut dire que fréquemment les cristaux sont fixés, soit aux parois des vases ou des roches par des surfaces non planes qui cachent une partie du volume, mais on peut obtenir des cristaux parfaitement isolés et complets.

axes les droites qui joignent les sommets opposés ou les milieux des faces, ou les milieux des arêtes opposées. Deux axes sont semblables, ou de même espèce, quand ils correspondent à des éléments de même nom. Deux lois fondamentales dominent toute la science cristallographique, servent de base à toutes les méthodes, et de guide à toutes les recherches. L'une est la loi de symétrie, découverte par Haüy; elle se formule ainsi :

Loi de symétrie. Quand, par une cause quelconque, une modification se produit sur un élément géométrique (sommet, arête, angle dièdre, face) d'un cristal, elle se produit de la même manière sur tous les autres éléments géométriques et physiques identiques, par rapport au nombre ou à la disposition des faces. Les éléments dissemblables se modifient d'une manière dissemblable. La seconde loi est celle de l'*invariabilité des angles*. Elle consiste en ce que, dans tous les échantillons des divers cristaux d'une même substance, la grandeur des angles homologues est toujours la même; fait qui est caractéristique pour un corps; car chaque espèce minérale cristalline a son angle particulier. Ainsi pour le carbonate de chaux (spath d'Islande), cet angle est de 105°,5′; pour l'arragonite, il est de 116°,10′.

Cette fixité dans l'inclinaison des faces consécutives, se maintenant dans les plus petites parcelles cristallines, porte à croire que les molécules élémentaires affectent des formes répondant à ces angles. On suppose ici les substances très pures; car quand des matières étrangères sont mêlées à une cristallisation, elles modifient à la fois (quoique dans un faible rapport) la grandeur des angles et la rectitude des arêtes. Nous allons voir d'autres lois qui ont aussi leur importance; ce sont les lois de *dérivations*.

Formes dérivées. Toutes les formes cristallines autres que les types (nous verrons qu'ils sont au nombre de six seulement), sont des *formes dérivées*. Elles procèdent, en effet, des premières par des modifications faites sur les sommets, ou les arêtes, ou les angles du type correspondant. Ainsi, en tronquant les huit angles solides d'un cube, on les remplace par autant de faces triangulaires également inclinées sur les trois faces adjacentes et l'on produit une première forme (fig. 633), dérivant du cube et composée de 14 faces, dont les 6 primitives et 8 nouvelles. En continuant à enlever des plaques parallèles aux plans triangulaires produits, on arrivera à faire rejoindre et même couper les plans entre eux, ce qui donnera naissance à de nouveaux angles dièdres symétriques (fig. 634). Poussant enfin l'opération jusqu'à ce que les faces du solide primitif aient disparu, nous aurons un autre solide, tout différent du premier, mais dérivé de celui-ci, et formé de 8 triangles équilatéraux : c'est l'*octaèdre régulier* (fig. 635). On pourrait inversement prendre l'octaèdre pour type et remonter au cube qui serait alors un dérivé de l'octaèdre.

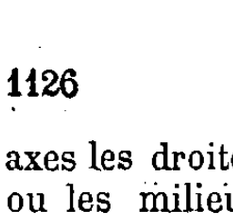


Fig. 633.

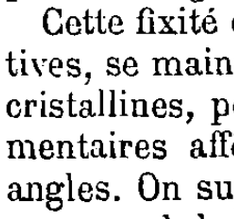


Fig. 634.

Fig. 635.

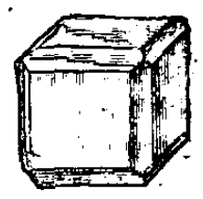


Fig. 636.

Les dérivations peuvent se faire aussi par *troncatures tangentes* (fig. 636 et 637) ou *obliques*. On se rend compte de ces dérivations qu'on observe sur les cristaux, par le fait des décroissements moléculaires dont la figure 638 (dodécaèdre rhomboïdal) qui dérive du cube, nous donne un exemple. Ce solide est formé de petites molécules cubiques, disposées autour d'un noyau principal, cubique lui-même, par plaques qui diminuent chacune d'une rangée de molécules vers les bords. Si ce retrait, au lieu de s'effectuer vers les bords des plaques successives, se fût dirigé vers les angles, le solide dérivé eût été un *octaèdre régulier*.

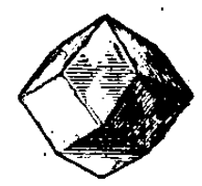


Fig. 637.

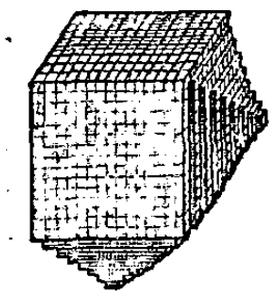


Fig. 638.

Formes hémiédriques. Il arrive parfois que les modifications, au lieu de porter sur tous les éléments similaires, n'atteignent que la moitié d'entre eux, par exemple, 4 sommets sur 8 (cube), ce qu'on observe dans la pyrite, les formes résultantes sont, pour ainsi dire, des demi-polyèdres, de là le nom de *formes hémiédriques* qu'on leur a donné. Par suite, on désigne sous le nom de *formes holoédriques*, celles qui sont complètes. Citons encore le *tétraèdre* formé de 4 faces qui sont des triangles équilatéraux. Il peut être regardé comme dérivant de l'octaèdre régulier, en supposant que les faces alternatives de l'octaèdre soient prolongées de manière à faire disparaître les faces intermédiaires. Ce mode de génération du tétraèdre a fait donner à cette forme le nom d'*hémi-octaèdre*.

Outre la loi de symétrie et celle de l'invariabilité des angles, il existe donc une autre relation constante entre les différentes formes cristallines d'une même substance; c'est qu'étant donnée l'une quelconque de ces formes, il est possible de passer à toutes les autres par des procédés simples et purement géométriques. Il en résulte, comme conséquence, que le nombre des formes simples, de différents genres, qui peuvent se rencontrer dans une même substance chimique ou minérale est nécessairement limité.

Systèmes cristallins. Les formes cristallines, malgré leurs innombrables variétés, peuvent toutes se rattacher à un petit nombre de *types* dont elles dérivent d'après des lois géométriques très simples, qui viennent d'être indiquées. Cet ensemble de formes dérivées constitue, avec les types correspondants, les divers *systèmes cristallins*. Or, les combinaisons d'axes, en prenant pour type le prisme, se réduisent à six : trois rectangulaires et trois obliques.

Au lieu du type *prismatique*, on pourrait prendre pour figure *primitive* l'*octaèdre*, car la forme du type est indifférente, toutes les formes d'un

même système dérivant les unes des autres ; mais ce qu'il faut bien remarquer ici, c'est que l'on ne peut passer des formes d'un système à celles d'un autre par aucun mode de dérivations successives ; ces formes sont *incompatibles*, ainsi que celles des types ; c'est-à-dire, que l'on ne peut, par exemple, obtenir par dérivations symétriques une forme de parallélipipède rectangle, en partant de la forme cubique et réciproquement.

Les cristallographes, prenant pour type l'octaèdre, ont imaginé d'autres dénominations systématiques d'axes et adopté des sous-systèmes ou sous-groupes nombreux. L'ensemble suivant des systèmes que nous adoptons est simple et suffit d'ailleurs pour le but que nous nous proposons.

Premier système. Système régulier ou cubique. *Type :* Le *cube* ou *hexaèdre régulier* (fig. 639) ; ca-

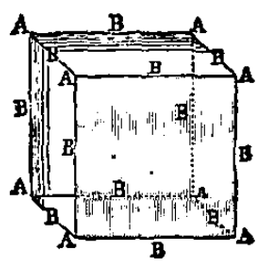


Fig. 639.

ractérisé par 3 axes rectangulaires égaux (joignant les milieux de faces opposées). Solide à 6 faces carrées égales ; 8 angles polyèdres égaux à A ; 12 arêtes égales à B.

Exemples : sel marin, fluorure de calcium, alun cubique, bismuth, galène, etc.

Formes dérivées simples, par modifications.

I. Sur les angles solides.

Modifications tangentes : 1° l'*octaèdre* à 8 triangles équilatéraux. Ex. : alun octaédrique (fig. 640).

Modifications inclinées symétriques : 2° le *trapézoèdre* ou *ikositétraèdre* à 24 faces trapézoïdes égales. Ex. : grenat (fig. 641).

Modifications dissymétriques : 3° l'*hexakisoctaèdre* à 48 faces triangulaires égales. Exemple : grenat (fig. 642).

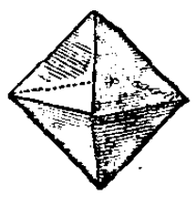


Fig. 640.

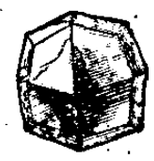


Fig. 641.

Fig. 642.

II. Sur les arêtes ou sur les angles dièdres.

Modifications tangentes : 4° le *dodécaèdre rhomboïdal* à 12 faces rhombes égales. Ex. : grenat, phosphore (fig. 643).

Modifications inclinées : 5° le *trapézoèdre* (cube pyramidé) ou *ikositétraèdre* à 48 faces triangulaires égales. Ex. : grenat (fig. 644).

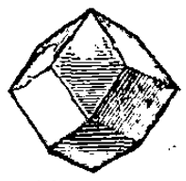


Fig. 643.

Fig. 644.

Formes hémiédriques, par

Modifications sur les angles solides : 6° le *tétraèdre* ou *hemi-octaèdre* à 4 faces triangulaires équilatérales. Ex. : Blende (fig. 645).

Modifications sur les arêtes : 7° le *dodécaèdre pentagonal* à 12 faces pentagonales égales. Ex. : pyrite (fig. 646).

Modifications sur les angles de l'octaèdre : 8° l'*icosaèdre* à 20 faces triangulaires. Ex. : minerai de cobalt (fig. 647).

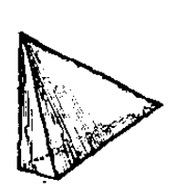


Fig. 645.

Fig. 646.

Fig. 647.

Formes dérivées composées. Ces formes sont très nombreuses. Les figures 633 à 637 nous en montrent plusieurs. Dans la figure 634, les faces de l'octaèdre et celles de l'hexaèdre sont également développées, ce qui fait donner à cette forme le nom de *cubo-octaèdre.* La figure 637 nous montre combinés l'hexaèdre et le dodécaèdre. On conçoit par là que les combinaisons de formes simples entre elles ou avec des formes composées puissent donner lieu à un grand nombre de figures.

Notations. Nous allons donner une idée des notations adoptées en cristallographie pour représenter, par des formules très simples, les diverses formes que peuvent affecter les cristaux. Dans l'octaèdre, les axes sont les droites qui joignent les sommets opposés. Chacune des faces de ce solide rencontre les trois axes ; et les trois points d'intersection sont à égale distance du centre qui est l'*origine des axes.* Pour les autres formes on détermine de même la position d'une face par rapport aux trois axes, en indiquant à quelle distance elle va les couper. Ces distances sont appelées *paramètres.* Dans une *forme simple,* toutes les faces ont les mêmes paramètres ; il suffit donc, pour désigner l'une d'elles, d'écrire entre parenthèses les trois distances auxquelles une de ces faces va couper les axes ; on aura ainsi la notation suivante :

Notation de l'octaèdre : $(a : a : a)$ (fig. 635).

Notation du cube : $(a : \infty a : \infty a)$ (fig. 639).

Les axes étant ici les droites qui joignent les milieux des faces opposées, la formule indique que chaque face rencontre l'un des axes à la distance a et les deux autres à l'infini (∞), c'est-à-dire qu'elle leur est parallèle.

Notation du *dodécaèdre rhomboïdal* : $(a : a : \infty a)$ (fig. 643), ce qui signifie que chaque face coupe deux des axes à la distance a et est parallèle au 3e.

Notation du *trapézoèdre* : $(a : ma : ma)$ (fig. 641).

— de l'*octaèdre* pyramidé : $(a : a : ma)$.

— du *cube* pyramidé : $(a : ma : \infty a)$ (fig. 644).

— de l'*hexakésoctaèdre* : $(a : ma : na)$ (fig. 642).

— du *tétraèdre* régulier : $\frac{1}{2}(a : a : a)$.

Dans ces notations, m, n sont généralement des nombres simples, rationnels, comme 1, 2, 3, 4..... ou $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4} \ldots\ldots \frac{2}{3}$. Avec ces formules, et les valeurs numériques de m et de n il est facile de

construire géométriquement toutes les formes correspondantes.

Deuxième système. Type : Prisme droit à base carrée (fig. 648), caractérisé par **3** axes rectangu-

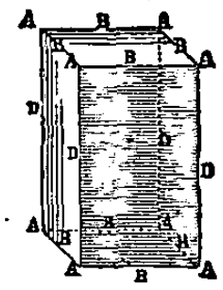


Fig. 648.

laires dont 2 seulement sont égaux. Solide à 8 angles égaux à A, 8 arêtes horizontales égales à B; 4 verticales D.

Exemples : bioxyde d'étain, calomel.

Formes dérivées simples, par modifications,

I. Sur les angles solides.

Modifications tangentes { 1° L'*octaèdre* à base carrée, à 4 faces triangulaires égales (fig. 649).

Modifications inclinées { 2° Le *dodécaèdre* (pyramidal) à 16 faces (fig. 650).

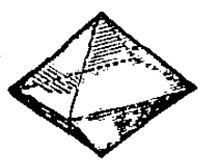


Fig. 649.

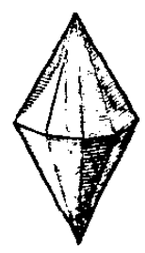


Fig. 650.

II. Sur les arêtes horizontales.

3° L'*octaèdre* à base carrée (fig. 651).

Fig. 651.

III. Sur les arêtes verticales.

Modifications tangentes { 4° *Prisme droit* à base carrée, 4 faces, inscrit dans le type (fig. 652).

Modifications inclinées { 5° Prisme à 8 faces égales (fig. 653).

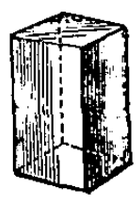


Fig. 652.

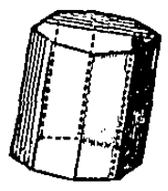


Fig. 653.

Formes hémiédriques.

6° *Tétraèdre* irrégulier.

Notation des principales formes du deuxième système :

1° Prisme droit à base carrée : $(a : \infty a : \infty c)$.

2° Octaèdres à base carrée : $(a : a : c)$; $(a : a : mc)$.

3° Octaèdre tronqué : $(\infty a : \infty a : c)$.

4° Di-octaèdre formé de deux pyramides à 8 faces réunies base à base : $(a : ma : nc)$.

5° Prisme à 8 pans : $(a : ma : \infty c)$.

Troisième système. Type : Prisme droit à base rhombe (ou rectangle) (fig. 654); caractérisé par 3 axes rectangulaires inégaux (sans rapports de longueurs nécessaires); à 4 angles solides obtus

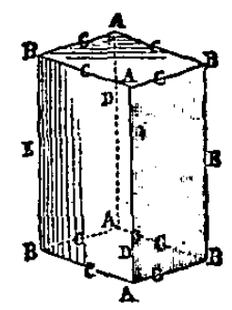


Fig. 654.

égaux à A, et 4 aigus égaux à B; à 8 arêtes horizontales égales à C, et 4 verticales égales à D ou E.

Exemple : la topaze.

Formes dérivées simples, par modifications.

I. Sur les angles A.

Modifications tangentes { Type surmonté d'un biseau (fig. 655).

Modifications inclinées { Type, d'abord avec biseau et finissant par un octaèdre à base rhombe (fig. 656).

Fig. 655.

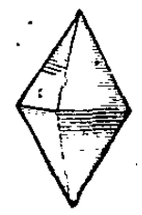


Fig. 656.

II. Sur les angles B.

Modifications tangentes { Type surmonté d'un biseau inverse (fig. 657).

Modifications inclinées { Double biseau, puis octaèdre à base rhombe (fig. 658).

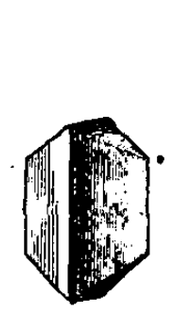


Fig. 657.

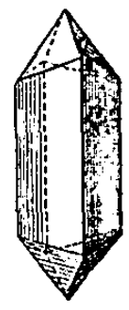


Fig. 658.

III. Sur les arêtes horizontales.

Octaèdre à base rhombe. Exemple : soufre natif (fig 659).

Sur les arêtes verticales.

Prisme hexagonal et finalement prisme à base rectangle (fig. 660).

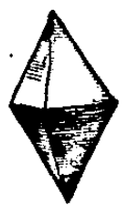


Fig. 659.

Fig. 560.

Puis viennent les formes combinées complexes.

Notation du prisme droit à base rhombe $(a : \infty b : \infty c)$ ou $(\infty a, \infty b, c)$.

Notation de l'octaèdre à base rhombe (a, b, c).

Quatrième système. Système rhomboïdal (système hexagonal); caractérisé par trois axes égaux

obliques, se coupant sous des angles égaux de 60°. *Type :* le *rhomboèdre* (spath d'Islande) (fig. 661).

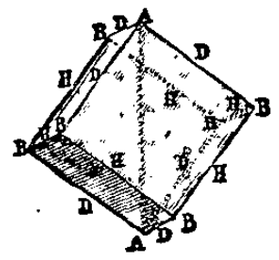


Fig. 661.

2 angles culminants égaux à A, 2 angles latéraux égaux à B ; 6 arêtes culminantes égales D, 6 arêtes latérales en zigzag H. Le cristal est posé sur sa pointe ; l'axe vertical joint les deux angles culminants.

Formes dérivées, par modifications.

I. Sur les angles solides culminants.

Modifications inclinées symétriques { Rhomboèdre de forme variable avec l'inclinaison des troncatures (fig. 662).

Modifications inclinées dissymétriques { Métastatique obtus (fig. 663).

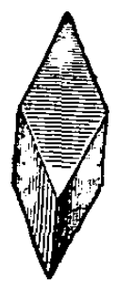


Fig. 662.

Fig. 663.

II. Sur les angles solides latéraux.

Modifications tangentes { Prisme hexagonal régulier surmonté d'un reste du type primitif (fig. 664).

Modifications inclinées symétriques { Rhomboèdre variable avec les troncatures (fig. 665).

Modifications inclinées dissymétriques { Métastatique ou scalénoèdre aigu (fig. 666).

Fig. 664.

Fig. 665.

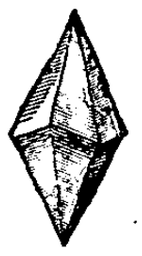


Fig. 666.

III. Sur les angles dièdres ou arêtes culminantes.

Modifications tangentes { Rhomboèdre équiaxe (fig. 667).

Modifications inclinées { Scalénoèdre obtus (fig. 668).

Fig. 667.

Fig. 668.

Arêtes latérales :

Modifications tangentes { Prisme hexagonal avec reste du type (fig. 669).

Modifications inclinées { Métastatique ou scalénoèdre aigu (fig. 670).

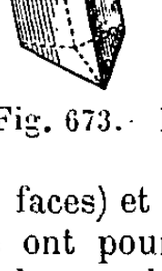


Fig. 669.

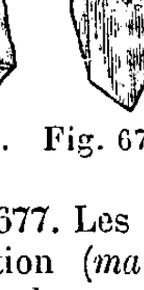


Fig. 670.

Les cristallographes modernes nomment ce système *hexagonal* ; on en rapporte alors la forme à 4 axes, dont 3 égaux entre eux, le quatrième de valeur quelconque leur est perpendiculaire. La principale forme, après le rhomboèdre est le dodécaèdre hexagonal, sa notation est $(a:a:\infty a, c)$; chacune des arêtes horizontales de ce dodécaèdre rencontre 2 des axes à la distance a et est parallèle au troisième.

Le *quartz* ou *cristal de roche* est un des plus remarquables cristaux de ce système. Il est en prisme pyramidé.

Cinquième système. Type : Prisme oblique à base

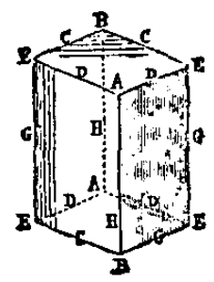


Fig. 671.

rhombe (fig. 671) ; caractérisé par 3 axes obliques dont deux sont égaux entre eux ; 2 angles solides A, 2 angles solides B, 4 angles solides E, 4 arêtes de la base égale C, 4 arêtes de la base égale D, 2 arêtes verticales égales G, 2 arêtes verticales égales H.

Les principales modifications de ce système sont représentées par les figures 672 à 676 (prisme

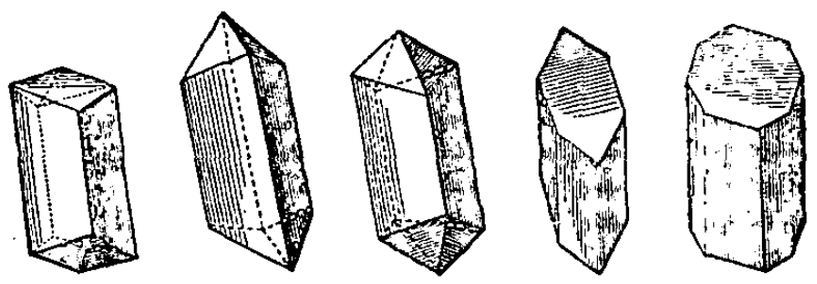


Fig. 672. Fig. 673. Fig. 674. Fig. 675. Fig. 676.

oblique à 8 faces) et figure 677. Les octaèdres de ce système ont pour notation $(ma:nb:pc)$ où m, n, p sont des nombres simples, rationnels.

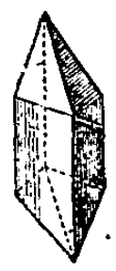


Fig. 677.

On trouve dans ce système des *hémi-octaèdres*. Cristaux de ce système : gypse, sulfate de fer, arséniate et phosphate de soude, acide tartrique.

Sixième système. Type : Prisme oblique à base

parallélogramme (fig. 678). 3 axes inégaux et obliques. Les éléments ne sont plus égaux que deux

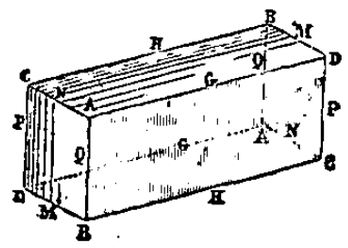


Fig. 678.

à deux, mais plusieurs éléments sont ordinairement modifiés à la fois, ce qui donne lieu à des solides très complexes.

Exemples : sulfate de cuivre, orthose, certains feldspaths. — V. le tableau ci-dessous.

Dimorphisme. Polymorphisme. On a vu précédemment qu'un même corps peut cristalliser sous des formes différentes, selon les conditions dans lesquelles s'est effectuée sa cristallisation. Il est évident que les nombreuses variétés de formes cristallines que présente une même substance tient à cette cause ; et l'on avait cru pendant longtemps que ces formes dérivaient toujours les unes des autres par des modifications géométriques analogues à celles que nous avons décrites. Mais cette loi, comme d'ailleurs toutes les lois de la nature, présente des exceptions, c'est-à-dire que l'on a reconnu qu'un même corps peut cristalliser sous des formes *incompatibles,* ne dérivant pas les unes des autres. Les substances qui jouis-

Tableau synonymique des systèmes cristallins,

(Les chiffres indiquent, d'après chaque auteur, le rang des divers systèmes comparés à celui de Dufrénoy).

Dufrénoy.	1. Cubique.	2. Prisme droit à base carrée	3. Prisme droit à base rhombe.	4. Rhomboèdre.	5. Prisme oblique à base rhombe.	6. Prisme oblique non symétrique.
Haüy	1. Octaèdre régulier.	3. Octaèdre à base carrée.	4. Prisme droit à base rectangle.	2. Rhomboèdre.	5. Prisme oblique à base rhombe.	6. Prisme oblique non symétrique.
Beudant	1. Tétraédrique.	3. Prismatique à base carrée.	4. Prismatique à base rectangle.	2. Rhomboèdre.	5. Prisme oblique à base rectangle.	6. Prisme oblique à base parallélogr.
Delafosse.	1. Cubique.	3. Quadratique ou tétragonal.	4. Orthorhombique	2. Rhomboèdre ou hexagonal.	5. Klinorhombique	6. Klinoédrique.
Delaprovostaye . .	1. Régulier ou cubique.	2. Tétragonal p. d. à base carrée.	4. Rhombique p. rect. droit.	3. Rhomboèdre ou hexagonal.	5. Monoclinoédriq.	6. Triklinoédrique.
G. Rose.	1. Régulier.	2. Quadroctaèdre.	3. Rhomboctaèdre.	4. Hexaoctaèdre.	5. Prisme oblique rhomboïdal.	6. Prisme oblique non symétrique
Weiss.	1. Sphéroédrique.	2. Binosingulaxe.	3. Singulaxe.	4. Ternosingulaxe.	5 et 6. Biréfringents à 2 axes.	5 et 6. Biréfringents à 2 axes.
Mohs.	4. Tessulaire.	2. Pyramidal.	3. Prismatique.	4. Rhomboïdal.	5. Prismatique oblique.	6. Prismatique dissym.
Naumann.	1. Tesséral.	2. Tétragonal.	3. Rhombique.	4. Hexagonal.	5. Monoklinoédriq.	6. Biklinoédrique; triklinoédrique.

sent de la propriété de cristalliser ainsi dans deux systèmes différents sont appelées *dimorphes,* et le phénomène lui-même est nommé *dimorphisme.* On a trouvé une substance *trimorphe,* de là le nom de *trimorphisme* et, en généralisant, celui de *polymorphisme.*

A cette liste, il faut joindre l'étain, le zinc, le palladium, l'iridium, l'acide arsénieux, l'oxyde d'antimoine, l'iodure d'argent, le sulfure de cuivre, le sulfure d'argent, les sulfates de magnésie, de zinc, de nickel, les séléniates de zinc et de nickel, le mellitate d'ammoniaque, le protoxyde de plomb, l'iodure de mercure, le sesquioxyde de fer, le cuivre oxydulé, les nitrates de potasse, de soude, le sulfate et le bisulfate de potasse, etc. En tout, une quarantaine de substances.

Les corps dimorphes peuvent facilement passer d'une forme à l'autre, sous l'influence de la chaleur. D'autre part, M. Pasteur a remarqué que les formes dimorphes d'un même corps sont généralement voisines l'une de l'autre, c'est-à-dire que leurs angles diffèrent peu ; si, par exemple l'un de ces angles est de 90°, l'autre sera de 88 ou même de 89°.

On avait craint que cette découverte du dimorphisme ne devint une loi générale, détruisant la loi de symétrie. Mais il est prouvé maintenant, par suite d'une revue attentive de tous les cristaux connus, que le dimorphisme n'est qu'une exception à la loi de Haüy et qu'il ne porte que sur une quarantaine de substances, sur plus de 1,000 espèces minérales naturelles ou obtenues dans les laboratoires ou dans l'industrie.

M. Delafosse ne considère pas le dimorphisme comme une exception à la loi de symétrie. Il pense qu'un corps appelé dimorphe constitue en réalité deux espèces minérales distinctes, ayant, il est vrai, une composition matérielle identique, mais dont les cristaux, atomes élémentaires, seraient groupés différemment. M. Dufrénoy adoptait cette

Principales substances dimorphes.

	Premières formes cristallines	Secondes formes cristallines
Soufre.	Natif, en octaèdres rhomboïdaux.	Par fusion, en prismes rhomboïdaux obliques
Carbone.	Diamant, en octaèdres réguliers.	Graphite, en tables hexagonales régulières.
Oxyde de titane. . . .	Anatase, en prismes droits à base carrée.	Brookite, en rhomboèdres.
Sulfure de fer.	Pyrite jaune, en cubes.	Pyrite blanche, en rhomboèdres.
Carbonate de chaux. .	Spath d'Islande, en rhomboèdres.	Arragonite, en prisme rhomboïdal droit.
Carbonate de fer . . .	Fer spathique, en rhomboèdres.	Junkerite, en prisme droit rectangulaire.
Silicate d'alumine. . .	Le disthène, en prismes obliq. non symétriq.	L'andalousite, en prisme rhomboïdal droit.
Micas.	(A deux axes) en prismes rhomboïdaux droits	(A un axe), en prisme hexagonal régulier.
Grenat.	(Grenat proprement dit), système régulier.	Idocrase. en prisme droit à base carrée.

explication. Ce qui semble justifier cette manière de voir, c'est que, dans les corps dimorphes, toutes les propriétés, sauf la composition, sont différentes, notamment la densité, la dureté, la cassure, la manière de se comporter au feu, aux acides et même avec la lumière. Enfin l'isomorphisme viendrait encore à l'appui de cette façon de considérer les formes d'un corps dimorphe comme deux espèces distinctes, sous le rapport de l'arrangement moléculaire comme elles le sont par les autres caractères. Quant au *trimorphisme*, il n'a été constaté jusqu'ici que sur une seule substance, le bioxyde de titane ou acide titanique, dont les trois formes incompatibles sont le rutile, l'anatase et la brookite. Le polymorphisme s'arrêterait là, et le dernier mot serait que les corps polymorphes rentreraient dans la classe des corps *isomorphes*, dont il va être question.

Isomorphisme. Deux substances de nature différente sont dites *isomorphes,* non pas quand elles ont seulement mêmes formes cristallines, mais lorsqu'elles sont susceptibles de se remplacer en proportion quelconque, en formant toujours des cristaux semblables, et de cristalliser ensemble, dans un même liquide contenant en dissolution chacune de ces substances en proportion quelconque. Par exemple, un cristal d'alun de chrome (violet), porté dans une dissolution d'alun de potasse (blanc), s'y accroît comme dans sa propre dissolution ; puis, reporté dans celle-ci, il continue à augmenter de volume, de telle sorte qu'après ces accroissements successifs, on reconnaît, à la cassure du cristal, qu'il est formé d'un noyau violet avec des couches superposées alternativement blanches et violettes. De plus, si l'on mêle une dissolution d'alun chromique avec une d'alun potassique, on constate que les cristaux formés dans ce milieu contiennent à la fois de chacun de ces sels, en même proportion que dans le mélange des liquides. De ce que deux substances cristallisent dans le même système, il ne s'en suit pas qu'elles soient isomorphes. Ainsi, le sel marin et l'alun cristallisent tous les deux dans le système cubique ; mais si l'on porte un cristal d'alun dans une dissolution de sel marin, il cessera de s'accroître ; le sel marin se déposera en petits cristaux, indifféremment sur la surface de l'alun et sur les parois du vase. Les dissolutions mélangées de ces deux substances donneront des cristaux séparés de l'une et de l'autre espèce, cristaux cubiques ne contenant que du sel marin, cristaux octaédriques ne contenant que de l'alun.

Il faut, comme condition essentielle de l'isomorphisme de deux substances, que leur constitution chimique soit *analogue,* qu'elles aient *la même formule,* ce qui correspond à la même structure cristalline. Alors, quand un cristal élémentaire d'une substance se substitue à un cristal élémentaire d'une autre substance, c'est comme si dans un édifice on mettait une pierre d'une certaine nature à la place d'une autre de nature différente, mais de forme identique. Ainsi, les aluns chromique et potassique ont respectivement pour formules :

$$KO,SO^3+Cr^2O^3,3SO^3+24HO.$$
$$KO,SO^3+Al^2O^3,3SO^3+24HO.$$

Il n'y a de différence que dans la substitution de l'oxyde d'aluminium à l'oxyde de chrome.

De même, les carbonates de chaux, de magnésie, de fer, de manganèse, ayant la même formule, sont isomorphes. Par la même raison, les phosphates et les arséniates sont isomorphes ; de même aussi, les sulfates de fer et de cuivre :

$$(FeO,SO^3,5HO \text{ et } CuO,SO^3,5HO).$$

A ces espèces chimiques, ajoutons encore les espèces minérales suivantes : l'augite et le diopside ; l'amphibole, l'idocrase et l'épidote qui forment aussi des groupes isomorphes.

Détermination d'un cristal. La première recherche à faire dans cette voie est la détermination du système auquel appartient le cristal. Elle n'offre pas, ordinairement, de grandes difficultés ; l'examen attentif de l'ensemble des caractères de symétrie et de modifications, suffit en général pour arriver à cette connaissance. Si le cristal appartient au système cubique, la chose est facile. Mais il n'en est pas de même pour les autres systèmes et surtout pour ceux à axes obliques. Il faut, pour déterminer complètement un cristal, connaître la grandeur des angles de ses axes ; or, ceux-ci ne sont pas directement mesurables, mais ils sont en relation nécessaire avec les angles dièdres et les dimensions relatives des axes, relations exprimées par des formules trigonométriques que nous n'avons pas à exposer ici.

Toutefois, à l'aide de la mesure d'un certain nombre d'angles dièdres d'un cristal, on peut arriver directement à reconnaître ce cristal.

Mesure des angles d'un cristal. La composition chimique d'un cristal étant liée à sa forme cristalline, l'élément essentiel à déterminer est l'inclinaison de ses faces les unes sur les autres. On l'obtient à l'aide d'instruments nommés *goniomètres.* Ils sont de deux sortes : les *goniomètres par application* et les *goniomètres à réflexion.*

1° *Goniomètre d'application,* ou *goniomètre d'Haüy,* Il se compose d'un demi-cercle ou rapporteur métallique, gradué en 180°, sur lequel sont adaptées

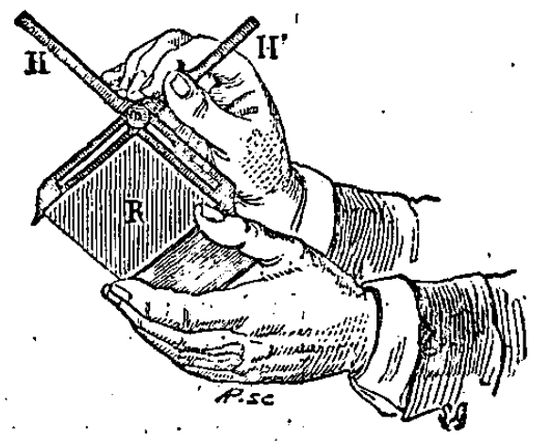


Fig. 679.

deux alidades ou lames d'acier HH' (fig. 679), l'une ordinairement fixe, suivant le diamètre, l'autre mobile autour du centre. Dans le goniomètre de Brongniart, les deux lames sont détachées du limbe et forment une sorte de compas de proportions, les branches pouvant se raccourcir dans leurs coulisses. Pour mesurer l'angle du

cristal, on place celui-ci entre les branches mobiles (la vis étant desserrée) de manière que les deux faces du dièdre s'appliquent exactement sur les lames et perpendiculairement à l'arête. On serre alors la vis et l'on porte l'angle sur le limbe, de manière à placer la vis au centre du limbe et à faire coïncider l'une des lames avec le diamètre du limbe; des rainures, des trous et pointes servant de repères exacts, permettent de remplir ces conditions. Les prolongements des lames marquent sur le demi-cercle l'angle opposé au sommet à celui du cristal, c'est-à-dire donne la mesure de l'angle du cristal à un quart de degré près. L'instrument est d'un emploi fort commode et rapide; mais si l'on veut une approximation plus grande, il faut recourir au goniomètre suivant.

2° *Goniomètre à réflexion* ou *goniomètre de Wollaston*. Faire servir la réflexion des images à la mesure des cristaux, tel est le principe de cet instrument. Le procédé en est dû au physicien Malus, et l'esprit ingénieux de Wollaston l'a rendu pratique et d'un usage facile.

Le goniomètre à réflexion est applicable surtout aux cristaux très petits à faces brillantes. Dans le cas où les faces sont ternes et assez étendues, on colle sur elles de petites parcelles très minces et très brillantes de mica, qui, étant parallèles aux faces du cristal, font entre elles les mêmes angles. — V., pour les détails et les autres goniomètres de Mitscherlich, d'Adelmann, de Babinet, etc., les *Traités spéciaux de cristallographie et de minéralogie :* Delafosse, I, 49 ; Dufrénoy, I, 190. — C. D.

* **CROCÉ-SPINELLI.** Ce nom est intimement lié à la cause de la navigation aérienne, et, par elle, au martyrologe des victimes de la science.

Qui ne se souvient de la terrible catastrophe du ballon le *Zénith*? Le 15 avril 1875, à onze heures cinquante-cinq minutes du matin, ce magnifique aérostat s'élevait majestueusement et gaiement de l'usine à gaz de La Villette, monté par trois aéronautes, MM. Crocé-Spinelli, Sivel et Gaston Tissandier. A une heure et demie, l'aérostat atteignait la hauteur de 8,000 mètres, mais ses trois passagers étaient évanouis dans la nacelle. A partir de 7,000 mètres environ, ils avaient été pris d'un état d'engourdissement déjà connu par l'ascension de M. Glaisher à une élévation plus grande encore, et dont ils ne s'étaient en aucune façon préoccupés à leur départ, convaincus qu'ils étaient que l'inhalation de l'oxygène suffirait pour empêcher les malaises observés dans les ascensions antérieures. Mais à ces grandes hauteurs, les battements du pouls s'accélèrent très vite, le corps et l'esprit s'affaiblissent peu à peu, graduellement, insensiblement, sans qu'on en ait conscience. On devient absolument indifférent, et, avant même de perdre connaissance, on ne lèverait pas le doigt pour ne pas mourir. Après une demi-heure environ d'évanouissement, M. Tissandier s'éveilla et vit ses deux amis évanouis au fond de la nacelle.

Le navire aérien descendait rapidement et le vent était violent de bas en haut. Il n'eut pas la force de jeter du lest pour empêcher le ballon de tomber, et se rendormit comme dans un rêve. Quelques moments après, il se sentit secouer par le bras et reconnut Crocé-Spinelli, qui s'était ranimé et qui criait : « Jetez du lest, nous descendons ! » Mais c'est à peine s'il pouvait ouvrir les yeux et tout ce dont il se souvient, c'est d'avoir vu son compagnon jeter pardessus bord les instruments, les couvertures, et tout ce qu'il pouvait. Il est probable que le ballon délesté remonta encore une fois dans les hautes régions, car trois quarts d'heures plus tard, M. Tissandier, de nouveau réveillé, sentit que le ballon tombait avec une vitesse effrayante. La nacelle était balancée fortement et décrivait de fortes oscillations ; ses deux compagnons étaient accroupis au fond de la nacelle. Sivel avait la figure noire, les yeux ternes, la bouche béante et remplie de sang ; Crocé avait les yeux à demi-fermés et la bouche ensanglantée. Ils étaient morts !... Le choc à terre fut d'une violence extrême : le ballon sembla s'aplatir. Le vent était rapide, et la nacelle fût entraînée sur les champs, tandis que les corps des deux malheureux aéronautes étaient cahotés durement et sur le point d'être à chaque instant jetés hors de la nacelle. Enfin, l'aéronaute put saisir la corde de la soupape et arrêter définitivement le ballon contre un arbre, près de la commune de Ciron (Indre). Il était quatre heures du soir. La science comptait deux soldats de plus morts au champ d'honneur, et les noms de Sivel et Crocé-Spinelli venaient, hélas ! s'ajouter au martyrologe de la navigation aérienne.

Crocé-Spinelli était né le 10 juillet 1845 à Montbazillac (Dordogne). Après avoir fait de solides études classiques, il devint un des plus brillants élèves de sa promotion à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures. « Le jeune ingénieur était véritablement une nature d'élite, écrit M. Tissandier. D'une tendresse exquise pour les siens, son cœur était sans cesse agité des plus nobles bouillonnements de la jeunesse. La soif d'une gloire bien conquise, les élans d'un patriotisme ardent, l'amour du bien et du juste, la foi au progrès, la passion de la science, tels étaient les sentiments qui tour à tour se disputaient ses pensées. Une certaine nonchalance s'unissait à son ardeur, de même qu'une sensibilité presque féminine s'alliait à son courage. Tout cela lui donnait un charme particulier. Généreux, aimant et délicat, gai, enjoué et toujours affable, ses qualités se réflétaient dans l'éclat de ses yeux bleus, et captivaient la sympathie. »

Crocé-Spinelli avait fait quelques travaux de mécanique et s'était signalé par de bons articles de critique scientifique dans le journal *la République française*, lorsqu'il pénétra dans le modeste cénacle formé par quelques hommes dévoués à la science, et qui avaient constitué le premier noyau de la *Société française de navigation aérienne*. Son compagnon de travail et de gloire, Th. Sivel, né le 10 novembre 1834, dans la commune de Sauve (Gard), avait longtemps servi dans la marine marchande.

Sivel et Crocé-Spinelli, une fois en présence, s'étaient compris et avaient résolu de mettre leurs

efforts en commun, pour travailler à la conquête scientifique des lois de l'atmosphère. Hélas ! ils devaient bientôt tomber ensemble au champ d'honneur ! — Véritable champ d'honneur, celui-là, pacifiques conquêtes qui ne font couler ni sang ni larmes, mais qui sont la vive gloire de l'humanité.

Les funérailles de ces victimes de la science, faites avec une grande pompe au cimetière du Père-Lachaise, ont été touchantes et glorieuses. Un monument inspiré par le culte de ces héros du travail, et dû au ciseau de M. Dumilâtre, recouvre aujourd'hui leur dernière demeure. Il représente les deux frères endormis, couchés l'un à côté de l'autre et se tenant par la main dans le silence de la mort. Les familles des victimes n'ont pas été oubliées. Une souscription, qui s'est élevée à cent mille francs, a été placée en leur faveur dans une compagnie d'assurance. En outre, la *Société de secours des Amis des sciences* a alloué une rente de 500 francs à chacune des familles de ces deux nobles martyrs de la science. Dans la séance publique annuelle de cette Société, M. Dumas a fait valoir, en termes élevés, les véritables droits de la science. « Tout progrès se paye, a dit l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences. La navigation a semé les mers de victimes ; l'exploitation des mines en ensevelit tous les jours de nombreuses sous nos pieds ; l'exploration des contrées lointaines a son martyrologe ; les travaux calmes et sédentaires de la pensée comptent aussi de tristes blessés, dont nos listes de secours offrent plus d'un noble exemple. Faut-il pour cela renoncer à voyager sur mer, à extraire la houille et les métaux, à remonter aux sources du Nil, à cultiver les lettres, les sciences et les arts ? Faut-il jeter la pierre aux inventeurs de la navigation, aux premiers explorateurs de la terre, aux plus anciens observateurs du cours des astres, aux poètes qui ont deviné les secrets de ce langage musical et cadencé qui fut le gardien fidèle des premières archives du genre humain ? Non ! Il faut encourager toutes les hardiesses, glorifier tous les vainqueurs et entourer de nos respects et de nos consolations tous les malheurs. »

Ces nobles paroles sont les plus belles qui pouvaient être prononcées comme couronnement de la vie scientifique de Crocé-Spinelli. — C. F.

* **CROCÉINE.** — V. Colorantes (Matières).

CROCHET. *T. techn.* 1° Sorte de crampon ou de main de fer qui sert à différents usages. || 2° Outil de fer courbé dont les serruriers se servent pour ouvrir les serrures dont on n'a pas les clefs. || 3° Outil du chamoiseur pour retourner les peaux dans le plain. || 4° Rateau du cartonnier avec lequel on opère le mélange de la matière dans la cuve. || 5° *Crochet de menuisier*, fer courbé et dentelé qui arrête sur l'établi la pièce que l'on rabote. || 6° Ciseau courbe pour tourner la poterie d'étain. || 7° *Crochet à larmes.* Barre de fer coudé pour faire retomber en larmes le verre fondu. || 8° Longues barres de $3^m,60$ recourbées à l'une des extrémités, dont on se sert dans les glaceries pour tirer du four les cuvettes pleines de verre fondu. || 9° Outil de doreur qui sert à agiter et mêler l'or et le vif-argent dans le creuset. || 10° *Crochet tranchant.* Outil du tourneur pour évider certains ouvrages, comme les boîtes, les tabatières, etc. || 11° Sorte de romaine. || 12° Aiguille à pointe recourbée pour certains ouvrages de femme, et par extension, l'ouvrage lui-même. || 13° *Clou à crochet.* Clou dont la tête est recourbée à angle droit. || 14° Châssis sur lequel les commissionnaires et les portefaix assujettissent leurs fardeaux. || 15° *T. d'arch.* Ornement saillant qui représente des feuillages ou des bourgeons enroulés ; on le nomme aussi *feuille à crosse.* || 16° *T. d'impr. s. ét.* Sorte de clou de fer recourbé et étamé qui sert à suspendre les pièces dans les étendages — V. Chambre a oxyder. || 17° *T. de constr.* Petites lames de fer recourbées, que l'on fixe, de distance en distance, au bord inférieur d'une couverture, pour supporter une *gouttière.* || Tige ronde ou méplate de cuivre ou de fer galvanisé que l'on emploie, depuis quelques années, pour soutenir les tuiles ou les ardoises. Les crochets se fixent au lattis ou au voligeage. — V. Couverture. || 18° *Crochet-Jacquard. T. de tiss.* Tige métallique ayant à sa partie supérieure un crochet en forme de bec de corbin, et à sa partie inférieure un talon. C'est un des *six* organes opérateurs de la mécanique inventée par Jacquard, pour la fabrication des étoffes artistiques. || 19° *Crochet de sûreté.* Dans les exploitations de mines, on donne ce nom à un appareil appelé aussi *évite-molette.* Lorsqu'on fait monter les cages ou les bennes jusqu'au jour, le câble passe sur des molettes qui, à l'aide d'un chevalet, sont soutenues à une distance qui varie de 8 à 16 mètres au-dessus de l'orifice du puits. Si le mécanicien n'arrête pas à temps, la cage peut aller frapper les molettes. Le crochet de sûreté, destiné à éviter cet accident, est constitué par une pièce mobile de formes et de dispositions variables. Le levier, rencontrant un obstacle, s'abaisse et ouvre immédiatement le crochet, la cage tombe et le parachute agit de manière à la maintenir en place. Ensuite on n'a qu'à rattacher le câble au crochet pour rétablir l'appareil dans son état de fonctionnement normal. || 20° *T. de chem. de fer.* — V. Chaîne d'attelage.

CROCHETAGE. Opération qu'exécute le métier rectiligne dans la *bonneterie.* — V. ce mot.

* **CROCHON.** On donne ce nom, dans les charbonnages, au coude qui raccorde certaines portions de couches.

* **CROCODILE.** — V. Contact électrique.

* **CROISÉ.** *T. de tiss.* Armure fondamentale très employée dans le tissage des différentes matières textiles. On la désigne très souvent sous le nom de *croisé-batavia.* En laine, elle produit les tissus désignés sous le nom de *cachemire* (V. ce mot). En lin, ce sont les *coutils* (V. ce mot). Les tissus de coton faits suivant cette armure ont gardé le nom générique de *croisés.*

En coton, cet article se fait à peu près dans tous les comptes et tous les numéros de filés ; il

se désigne par le nombre de fils en chaîne et le nombre de croisures au quart de pouce.

Pour les compter, on met la loupe obliquement sur le tissu et dans le sens des côtes ; ainsi on dira d'un croisé, c'est un compte 70 P, 8, 9, 10 côtes, suivant le nombre des croisures qu'il y aura au quart de pouce. Le croisé étant produit par un effet de trame, il faut, pour avoir un beau tissu en côtes bien ressorties, ne pas prendre un compte trop réduit en chaîne et chasser un grand nombre de fils d'une grosse trame bien ouverte. Les sortes de croisés les plus courantes sont les comptes 60, 68 et 70 P, en chaîne et 8, 9, 10, 11 et même 13 côtes en trame au quart de pouce.

En 70 P chaîne, un croisé		8	**côtes a**	24	**fils en trame.**
—	—	9	—	28	—
—	—	10	—	32	—
—	—	11	—	36/37	—
—	—	12	—	40/42	—
—	—	13	—	45/45	—

On remarque que dans le tissu croisé on peut insérer beaucoup plus de duites que dans l'uni. Les croisés s'emploient à faire des vêtements, des meubles, des doublures ; aussi en fait-on de certaines sortes très lourdes et très fortes.

Nous avons donné, à l'article CACHEMIRE, les formules de notre collaborateur, M. Ed. Gand, qui lient entre eux le nombre de croisures ou côtes, le nombre de fils en chaîne au centimètre et le nombre de duites au centimètre.

CROISÉE. *T. de constr.* Ouvrage de menuiserie destiné à clore une baie, une ouverture pratiquée dans un mur pour laisser pénétrer le jour à l'intérieur d'un édifice ou d'une habitation. Ce nom de *croisée* vient de la forme en croix qu'affectaient les meneaux en pierre placés au milieu des baies dans les constructions du moyen âge. || *T. techn.* Rayons qui maintiennent le centre d'une roue d'horlogerie. || Dans une presse d'imprimerie, pièces de bois qui, se croisant, sont attachées aux tourillons supérieurs. || Outil de l'épinglier pour passer les fils de laiton.

CROISEMENT DE VOIES. *T. de chem. de fer.* Appareil spécial que l'on établit au point de rencontre de deux files de rails appartenant à deux voies distinctes et s'entre-croisant au même niveau. Le croisement est disposé de manière à permettre le passage des *boudins* (V. ce mot) des roues, en écartant toute possibilité de déraillement. Il doit être construit de manière à atténuer, dans la limite du possible, les chocs qui se produisent lors du passage des roues aux endroits où les rails de la voie présentent une interruption. Cet appareil est le complément obligatoire de tout aiguillage et de toute traversée de voie.

Les dispositions générales d'un croisement de voies sont indiquées sur la figure 680. L'appareil se compose essentiellement d'une partie P, appelée *pointe de cœur*, formant terminaison de deux files de rails qui se réunissent et dont les parements prolongés se rencontrent sous un angle aigu ; de deux rails infléchis L, L, appelés *pattes de lièvres* ; de deux rails extérieurs R, R, appartenant aux voies courantes, et enfin de deux *contre-rails* (V. ce mot) C, C, limitant le déplacement latéral des roues, dont les boudins s'engagent dans l'ornière O existant entre le rail et

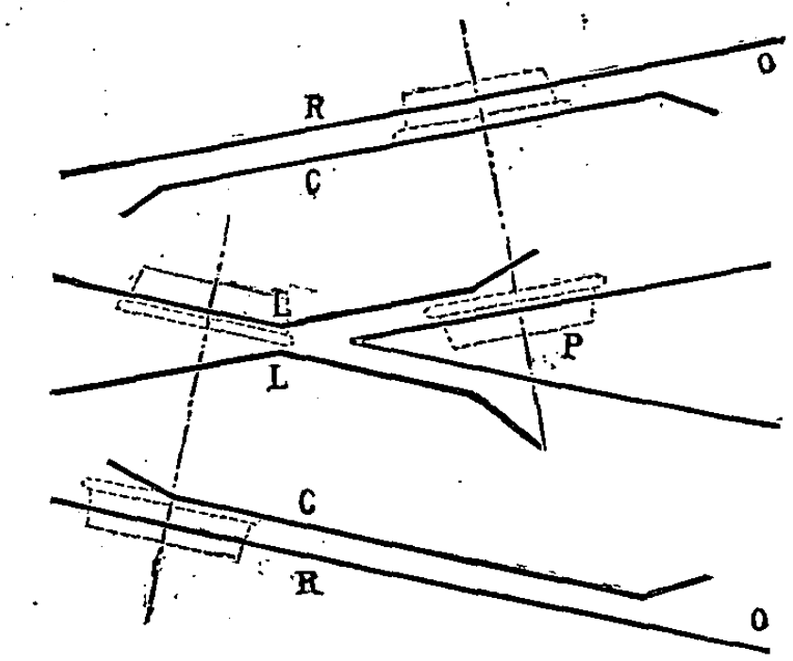


Fig. 680.

le contre-rail. Une roue étant ainsi guidée, à seconde roue, calée par le même essieu, ne peut s'engager à faux dans les ornières qui longent la pointe ; elle continue en ligne directe lorsqu'elle passe de la *patte de lièvre* à la *pointe*, et réciproquement. Cet ensemble est monté sur un châssis en bois formé, soit de *traverses* spéciales, soit de traverses et *longrines*.

Les *pointes de cœur* sont établies de diverses manières : tantôt elles sont formées de pièces en fer, forgées et cémentées, s'amincissant en lames aigües et faisant suite aux rails convergents ; tantôt les rails eux-mêmes sont façonnés, amincis et réunis en pointe ; enfin, quelquefois les *pointes de cœur* et les *pattes de lièvre* sont formées d'une seule pièce (Crossing), soit en fonte durcie, ou mieux en acier fondu, martelé et raboté. Cette dernière disposition assure une solidarité absolue entre la *pointe* et les *pattes de lièvre*, mais elle est fort coûteuse et, par suite, peu employée en France.

Un *croisement* est généralement désigné par la tangente de l'angle sous lequel se rencontrent les files de rails ; ces angles sont très variables, mais les appareils le plus couramment employés sont ceux dont les tangentes sont respectivement de 0,09, 0,11 et 0.13. — H. F.

* **CROISETTE.** *Art hérald.* Petite croix.

CROISEUR. *T. de mar.* On désigne ainsi une classe de navires de guerre destinés à opérer des *croisières*, c'est-à-dire à parcourir en temps de guerre les passages que l'on veut surveiller, à poursuivre les paquebots, les navires marchands, afin d'intercepter les communications de l'ennemi, de ruiner son commerce.

Autrefois, les croisières étaient effectuées par des frégates à voiles, des corvettes et autres navires légers auxquels se joignaient souvent les *corsaires*. Aujourd'hui, les croiseurs sont des navires de guerre à vapeur, à grande vitesse, munis d'une artillerie imposante et possédant une voilure assez considérable pour pouvoir *croiser*, au besoin, à la voile et réduire ainsi la dépense de combustible.

Les éléments importants à considérer dans un croiseur, indépendamment de la puissance de son artillerie, sont : *la vitesse maximum* qu'il peut atteindre et soutenir pendant quelques heures et grâce à laquelle il pourra donner la chasse aux paquebots et autres navires de commerce rapides, se mesurer avantageusement avec les croiseurs ennemis et au besoin échapper aux navires cuirassés avec lesquels la lutte serait trop inégale ; et l'*approvisionnement de combustible* qui se mesure par la distance que le navire peut franchir à une vitesse modérée, avec le secours seul du charbon des soutes sans qu'il soit forcé de relâcher dans un port de ravitaillement, ce qui l'éloignerait de son centre d'action et lui ferait perdre un temps précieux. D'ailleurs, en temps de guerre, les points de ravitaillement ou de refuge sont rares et il y a un intérêt majeur à accroître la *distance franchissable* en augmentant la capacité des soutes, en réduisant la consommation des machines par l'emploi d'appareils économiques et en donnant à la voilure des dimensions suffisantes pour en faire un auxiliaire utile de l'appareil moteur. En général les croiseurs ne sont pas cuirassés ; néanmoins la marine russe possède quelques frégates cuirassées fortement voilées auxquelles on donne le nom de *croiseurs cuirassés*.

Comme système de construction, les croiseurs ont des coques en bois ou en fer, mais comme ils sont appelés à opérer dans les mers lointaines où les moyens de visiter et de nettoyer la carène sont rares, il y a un grand intérêt à ce que ces bâtiments reçoivent un doublage en cuivre dont la surface se maintient propre bien plus longtemps que celle des carènes en fer. Aussi, le plus souvent, les croiseurs sont-ils construits en bois ou en fer, mais alors revêtus d'un double bordé ou soufflage en bois destiné à recevoir le doublage en cuivre. (Construction mixte).

En France et en Angleterre on a construit des croiseurs de grandes dimensions, fortement armés et pourvus de puissantes machines, qui leur ont permis de réaliser des vitesses comprises entre 16,5 et 17 nœuds (31 kilomètres à l'heure) ; tels que le *Duquesne* et le *Tourville* en France, le *Shah*, l'*Inconstant* et le *Raleigh* en Angleterre. Ces résultats n'ont été atteints qu'avec des constructions gigantesques de plus de 100 mètres de longueur et de près de 6,000 tonneaux de déplacement. Aujourd'hui, les idées se sont un peu modifiées et la tendance est de sacrifier un peu de la puissance offensive (artillerie), afin de réaliser des navires plus petits, partant plus nombreux et aussi rapides que possible, en mettant à profit les perfectionnements les plus récents apportés soit dans les systèmes de construction, soit dans les appareils moteurs et évaporatoires.

En général, les croiseurs ne sont pas destinés à combattre par choc comme la plupart des cuirassés, aussi n'ont-ils pas d'éperons proprement dits. Néanmoins, dans la prévision d'un abordage, soit fortuit, soit intentionnel, on dispose les avants aussi solides que possible et on les munit au besoin d'étraves métalliques. On donne souvent en France aux avants des croiseurs des contours rentrants en forme d'éperons très avantageux au point de vue de la marche.

Comme les croiseurs sont destinés à poursuivre et peuvent être réduits à fuir, on dispose à l'avant et à l'arrière des pièces de canon dites de *chasse* et de *retraite*, pouvant tirer dans l'axe même du navire et par suite dans la direction même de la route tout en étant susceptibles de desservir l'un ou l'autre bord grâce à la rotation de leurs affûts autour d'axes verticaux. — V. Batterie, § III.

La protection des coques des croiseurs n'est pas obtenue, en général, comme nous l'avons dit plus haut, au moyen de revêtements métalliques ; on s'efforce de l'accroître en disposant convenablement les soutes à charbon. On cherche à mettre les machines et chaudières à l'abri des effets directs des projectiles en les disposant aussi bas que possible et à une distance convenable au-dessous de la flottaison. L'emploi de cloisons et de compartiments étanches est également imposé pour neutraliser les effets des voies d'eau.

V. *Les croiseurs et la guerre de course*, par M. Dislère. — Paris, Gauthier-Villars, 1875.

***CROISSANT.** *Art hérald.* Figure de croissant ; elle symbolise les exploits des guerriers pendant les Croisades.

CROISURE. *T. de tiss.* On appelle *croisure* le mode d'entre-croisement des fils avec les duites ou de la chaîne avec la trame. La croisure est tantôt satinée, tantôt diagonale. Le plus souvent, ce mot s'applique aux sillons obliques qui constituent la famille des *sergés*.

CROIX. Dans le sens restreint qui convient à la spécialité de ce *Dictionnaire*, le mot *croix* désigne : 1° le signe religieux employé comme motif de décoration et comme objet de sainteté dans les églises, dans les cimetières, sur les chemins et les places publiques ; 2° ce même signe à l'état de pièce d'orfèvrerie, telles que croix pastorales, reliquaires, décorations et autres bijoux de dignité, de dévotion ou de chevalerie ; 3° la représentation peinte, sculptée ou gravée de ce même signe dans les pièces héraldiques, telles que : écus, écussons, cartouches, armoiries et blasons de toutes formes.

1° La croix dans les églises, dans les cimetières et sur la voie publique. Bien qu'on en constate la présence dans plusieurs édifices antérieurs au christianisme, la croix ne se généralise que depuis la diffusion de la religion chrétienne. On la trouve dans les catacombes et dans les plus anciennes églises de Rome. En France, on la rencontre d'abord incrustée dans la maçonnerie, comme à Beauvais, puis sculptée en ronde-bosse et formant haut ou bas-relief. La pierre seule apparaît d'abord ; mais on arrive bientôt à employer le métal qui permet de fabriquer des pièces plus légères, plus élancées, plus ornementées que les croix de pierres détachées ou adhérentes. L'art du ferronnier s'empare de ce motif et en fait de véritables chefs-d'œuvre : les croix de jubés, de grilles intérieures, de flèches et de clocher affectent toutes les formes et se parent de toutes les richesses de la flore architectonique.

A l'intérieur des églises se montrent des croix nues d'abord, puis des crucifix ; c'est vers le IXe siècle seule-

ment que le Christ est placé sur l'instrument de son supplice.

Dans les cimetières et sur les monuments funéraires, dans les chemins, les carrefours et sur les places publiques, la croix affecte également des formes et des détails extrêmement variés : tantôt elle est indépendante, tantôt elle adhère aux monuments et en emprunte le style.

Les carrefours et les places publiques présentaient autrefois une grande variété de croix : simple gibet en bois peint, comme la Croix-Rouge du bourg Saint-Germain, à Paris, ou calvaire monumental, comme ceux de Bretagne, la croix était en général, soit un moyen de purification pour les *trivia* ou *quadrivia* où se dressaient jadis des statues de divinités païennes, et que la superstition représentait comme hantés par le diable, soit un signe d'expiation placé sur le lieu où un crime avait été commis ; soit un *memento*, comme les *Montjoyes* élevés de Paris à Saint-Denis, aux différents endroits où Philippe-le-Hardi s'était reposé, en portant sur ses épaules le corps de saint Louis, son père, jusqu'à la basilique royale ; soit une station pour les Rogations et autres processions religieuses ; soit enfin un simple motif de décoration, comme les statues et les fontaines dont on orne aujourd'hui nos places publiques. Certaines villes possédaient, sous ce rapport, de véritables merveilles en bois, en pierre et en métal : les croix de Rouen, de Troyes, d'Amiens sont célèbres, comme les puits en ferronnerie ouvragée, dont ces croix étaient voisines. Les branches de ces croix, ou des rameaux sortant du tronc portaient souvent des personnages de l'Ancien et du Nouveau Testament, des figures historiques, les effigies des donateurs et des bienfaiteurs, etc. Toute cette décoration religieuse a disparu, au grand regret des archéologues.

2° La croix a l'état de pièce d'orfèvrerie (*signe de dignité, bijou, reliquaire, décoration*). Le signe chrétien a dû être employé de bonne heure comme bijou de piété, de même que le croissant a servi, dès les premiers temps du Mahométisme, à parer les adeptes de cette religion. En Orient, la découverte de la vraie croix par l'impératrice Hélène et le morcellement de cette relique en une multitude de fragments ont donné naissance aux reliquaires des églises, ainsi qu'aux petites croix d'orfèvrerie contenant un de ces fragments et destinées à être portées par les personnes pieuses. En Occident, le mouvement des Croisades favorisa la diffusion de cette parure, et les nombreuses reliques rapportées de la Terre-Sainte par les croisés prirent naturellement place dans des croix creuses en métal précieux.

C'est à cette époque que remonte sans doute l'usage de la croix pectorale, importé d'Orient comme beaucoup d'autres, et dont on ne trouve pas d'exemple avant le XII^e^ siècle. Les évêques, les abbés et les abbesses en firent un signe extérieur de la dignité, et l'Eglise latine adopta dès lors la croix pectorale comme symbole des fonctions épiscopales et abbatiales.

De là à l'adoption de la croix comme emblème de fidélité, de patriotisme, d'honneur, il n'y avait qu'un pas ; tous ces sentiments ne se séparaient point, au moyen âge, de l'idée religieuse, et la chevalerie s'en était fait un culte. La religion civile et militaire eut donc, elle aussi, sa croix pectorale, et cette croix se porta sur la poitrine, à la place du cœur, comme un reliquaire. Les croix de chevalerie ont été, à l'origine, de véritables petites châsses, et elles conservent ce caractère en dépit du scepticisme contemporain. On a eu beau multiplier les ordres et en varier les signes extérieurs : étoiles ou triangles, on a continué et l'on continuera à les appeler *croix*.

Cette appellation sert même à designer un assez grand nombre d'ordres de création récente, tels que ceux de la *Croix étoilée*, fondée à Vienne en 1668 ; de la *Croix de Bourgogne*, de la *Croix de Jésus-Christ*, de la *Croix d'honneur de Guatemala*, de deux *Croix de fer*, fondées l'une à Berlin en 1813, l'autre à Bruxelles en 1830 ; de la *Croix blanche*, fondée à Florence en 1814 ; de la *Croix du Mérite militaire*, créée dans le grand duché de Mecklembourg-Schwerin ; de la *Croix du Sud*, fondée au Brésil en 1822 ; de la *Croix de Juillet*, établie à Paris en 1830 ; de la *Croix de Mentana*, création du pape Pie IX en 1867. Dans presque tous les autres ordres, et ils sont nombreux, la croix, sous toutes les formes et dans toutes les dimensions, est le signe distinctif porté par les chevaliers et autres dignitaires.

Une histoire, même très sommaire, des ordres de chevalerie répandus dans l'univers remplirait des volumes ; nous ne pouvons qu'énumérer les principaux, existant ou ayant existé, en France d'abord, puis dans les Etats les plus importants des deux mondes.

Ordres français. Les premiers dont parlent les historiens ont un peu le caractère légendaire ; ce sont les ordres de la *Sainte-Ampoule*, de la *Genette*, de la *Couronne royale*, de *Navarre*, de la *Cosse du Genêt*, de l'*Etoile*, et de *Notre-Dame de la noble Maison*, qu'on croit avoir été fondés par les rois mérovingiens, les empereurs carlovingiens et les premiers souverains de la troisième dynastie. Les hauts barons du monde féodal ont également créé des ordres ; on cite notamment ceux du *Chardon* (1370), fondé par un duc de Bourgogne ; du *Porc-Epic* et du *Camail* (1394), institué par un duc d'Orléans ; du *Croissant* (1448), création de René d'Anjou ; de l'*Hermine* et de la *Cordelière*, fondés par un duc et une duchesse de Bretagne ; de la *Toison-d'Or* (1430) création de Philippe le Bon ; de *Saint-Georges* (1390), en Franche-Comté ; de *Saint-Hubert* (1416), en Lorraine, etc.

Les grands ordres français, qui ont subsisté pendant plusieurs siècles et ont eu une réelle importance historique, sont les suivants : *Saint-Michel*, fondé par Louis XI, en 1469 ; le *Saint-Esprit*, institué par Henri III en 1579, et réuni par Louis XIV à celui de Saint-Michel ; *Saint-Louis* et le *Mérite militaire*, pour les officiers protestants, double création de Louis XIV (1696). Ces ordres disparaissent à l'époque de la Révolution, reparaissent un instant sous la Restauration, qui crée l'ordre du *Lys*, et sont définitivement abolis en 1830.

Les hommes de 1789 voulurent d'abord conserver les anciens ordres et en régulariser l'usage, en les conférant aux plus dignes, sans distinction de rang, de naissance et de fortune ; mais le sentiment égalitaire, qui est l'essence de toute démocratie, ne tarda point à l'emporter, et la haine du privilège fit tout abolir. Le premier consul, pour stimuler l'esprit militaire, distribua des fusils et des sabres d'honneur ; c'était l'embryon du nouvel ordre de la *Légion d'honneur* qui fut institué par la loi du 29 floréal an X, et eut d'abord un caractère presque exclusivement militaire, puisque l'ordre formait une *légion* et que ses membres étaient répartis en quinze *cohortes*. Mais, depuis, l'ordre s'est singulièrement *civilisé*. Le gouvernement de 1830 a créé la *Croix de Juillet*, et le second Empire, la *médaille militaire*. Napoléon III a institué, en outre, la médaille de *Sainte-Hélène* et des médailles commémoratives des expéditions de Crimée, d'Italie, de la Chine et du Mexique ; mais ces décorations ne sont pas des croix, et n'en ont jamais porté le nom.

Il nous reste, pour compléter cette étude très sommaire, à énumérer les principaux ordres existants ou ayant existé à l'étranger ; on les compte par centaines ; nous ne mentionnerons que les plus célèbres créés dans les contrées les plus importantes.

Ordres étrangers. On distingue, en Angleterre : la Jarretière et le Bain ; en Autriche : la Toison-d'Or, apportée par Maximilien, époux de Marie de Bourgogne ; Marie-Thérèse, Saint-Etienne, Léopold, François-Joseph ; en Bavière : Saint-Hubert, Saint-Georges, Sainte-Elisabeth, Maximilien-Joseph, etc. ; en Belgique : Léopold ; au Brésil : la Rose, le Christ, Saint-Benoît-d'Aviz, Saint-Jacques-de-l'Epée ; au Danemarck : Eléphant,

Danebrog ; en Espagne : Toison-d'Or, apportée par Charles-Quint, Calatrava, Alcantara, Saint-Jacques-de-l'Epée, Notre-Dame-de-Montéa, Charles III, Marie-Louise, Saint-Ferdinand, Sainte-Hermengilde, Isabelle-la-Catholique ; Anciens Etats de l'Eglise : Saint-Sépulcre, Lys, Saint-Sylvestre, Saint-Jean-Baptiste, Notre-Dame-de-Lorette, Saint-Grégoire, Pie IX ; Hollande : Guillaume, Lion Néerlandais, Teutonique ; Italie : Annonciade, Saint-Maurice et Saint-Lazare ; Perse : Soleil et Lion ; Pologne : Aigle-Blanc, Courage-Militaire ; Portugal : Aile de Saint-Michel, Christ, Saint-Benoît d'Aviz, Saint-Jacques-de-l'Epée, Don-Pedro ; Prusse : Cygne, Aigle-Noir, Aigle-Rouge, Mérite-Militaire, Mérite-Civil, Saint-Jean, Croix-de-Fer, Louise, Maison-de-Hohenzollern, Fidélité, Aigle-de-Brandebourg ; Russie : Saint-André, Sainte-Catherine, Saint-Alexandre, Newski, Saint-Stanislas et Saint-Wladimir ; Siam : Eléphant-Blanc ; Suède et Norwège : Séraphin, Etoile-du-Nord, Glaive, Wasa, Charles XIII, Saint-Olaff ; Turquie : Medjidié, Croissant, Nichan-Ifhklar. Le sentiment public semble se prononcer de plus en plus contre les décorations dues le plus souvent à l'intrigue ou à la faveur ; et cependant, même dans les démocraties (1), jamais on n'a tant sollicité la concession de tous ces hochets : on les qualifie de *privilèges*, quand on ne les a pas, on les appelle des *distinctions méritées* quand on les possède !

3° La Croix en Héraldique. Si les signes distinctifs qui décoraient jadis l'écu du chevalier, et qui, en se multipliant, en se combinant à l'infini, sont arrivés à constituer la science du blason, s'ils ont pour origine les Croisades, expéditions lointaines où les combattants, venus de tous les points de la chrétienté, avaient besoin de marques extérieures pour se reconnaître, on peut affirmer sans crainte d'erreur que l'introduction de la croix dans les armoiries remonte aux guerres saintes, et que les barons, dans les armes desquels elle se montra, ont fait le voyage d'outre-mer. Mais la croix simple n'eut point été un signe suffisamment distinctif ; pour rappeler à la fois leur qualité de croisé et la famille, ou la branche, à laquelle ils appartenaient, les seigneurs féodaux donnèrent au signe chrétien une grande variété de formes et de dimensions, et lui assignèrent diverses places dans leur écu. De leur côté, les héraldistes créèrent une quantité de mots plus ou moins barbares pour exprimer les modifications apportées au type primitif.

La croix figure encore dans une quantité de locutions et a sa place dans les lettres, les sciences, les arts, l'industrie. Qu'il nous suffise de lui avoir mesuré la sienne dans l'ouvrage spécial auquel nous collaborons. — L. M. T.

CROSSE. Deux acceptions principales, les seules dont nous ayons à nous occuper : 1° bâton pastoral, dérivé de la houlette du berger et symbolisant les fonctions épiscopales et abbatiales ; 2° ornement d'architecture, formant une courbure, ou excroissance, qui rappelle la volute du bâton pastoral et qui sert à la décoration des édifices de style ogival ou roman.

1° *La crosse ou bâton pastoral.* Fort simple d'abord, elle reproduit la forme de la houlette, et a peu ou point d'ornements ; c'est ainsi que nous la montrent la statue de saint Léger et la tombe de saint Bernard, ouvrages du XII^e^ siècle. Elle suit les progrès de l'art sculptural et architectonique, ainsi que le développement des métiers de luxe tels que la ciselure, la céramique et l'orfèvrerie. Les crosses épiscopales n'étaient guère plus ornementées, au commencement du XIII^e^ siècle que les houlettes d'abbés et les bâtons de précenteurs, témoin la crosse figurée sur la tombe d'Eudes de Sully, évêque de Paris, mort en 1208 ; mais voici venir la grande efflorescence de l'art ogival, et en même temps, le perfectionnement de la joaillerie et de la bijouterie. Les orfèvres traduisent, en cuivre, en argent, en or, les idées des architectes, et il en résulte des crosses d'un travail exquis, d'une valeur matérielle inestimable. On accumule, sur l'ancien bâton pastoral, de riches métaux, des pierres précieuses, des ciselures en creux, ou en relief, de la plus grande finesse.

Au XV^e^ siècle, la crosse atteint son maximum de richesse, et elle ne peut plus que déchoir ; la Renaissance la simplifie en la ramenant aux lignes sévères de l'art grec et romain ; les XVII^e^ et XVIII^e^ siècles lui impriment leur caractère tout en la maintenant dans une simplicité relative.

2° *La crosse, ornement d'architecture.* On a donné, par similitude, le nom de *crosse* ou *crochet*, à ces ornements terminés par des têtes de feuilles, ou des bourgeons enroulés, genre de décoration fort souvent employé dans la sculpture monumentale du moyen âge, à partir du XII^e^ siècle.

L'abus des crosses végétales en architecture amena la ruine de ce genre de décoration : en se multipliant à l'excès, en se contournant d'une façon bizarre suivant le caprice des sculpteurs et des architectes, les crosses ne tardèrent point à se faire proscrire. La Renaissance, amie des lignes simples et des ornements rectilignes, les supprima. Depuis, on ne les a rétablies que dans les travaux de restauration et dans les pastiches de l'art ogival. — L. M. T.

* **CROSSE DU PISTON.** *T. de mécan.* Dans les machines à vapeur, la tige du piston est articulée sur la petite tête de bielle motrice par l'intermédiaire d'une pièce spéciale qui reçoit le nom de *crosse* ou *tête* du piston. Cette pièce, qui sert à guider le piston dans son mouvement de va-et-vient, est munie de deux coulisseaux qui frottent au contact des glissières et conservent ainsi le mouvement rectiligne du piston.

* **CROSSETTE.** *T. d'arch.* Partie d'un voussoir prolongée horizontalement au delà du joint de la voûte. || Lit de pierre taillé perpendiculairement au couronnement. || Ressaut ménagé à l'angle d'un chambranle.

* **CROTTIN.** La fiente de mouton, employée par les Indiens, et dont on a fait usage pour la fabrication du rouge turc (ce qu'on appelait *animaliser*), a donné l'idée d'employer la bouse de vache. Le crottin n'est presque plus employé, cependant quelques fabricants de violet (façon rouge turc) prétendent en obtenir de meilleurs résultats et s'en servent encore exclusivement. — V. Bousage.

CROUPE. *T. de charp.* Partie de comble de forme triangulaire s'appuyant, par la base, sur le mur latéral d'un édifice construit sur plan oblong et, par les côtés, sur les *longs pans* ou versants principaux de la toiture de cet édifice (V. Comble). L'ensemble des pièces de charpente qui forment ce plan incliné reçoit le nom de *pan de croupe*. L'établissement d'une croupe exige : 1° une *ferme* transversale ordinaire pour recevoir l'extrémité du faîtage et pour soutenir le poinçon, dit *poinçon de croupe* ; 2° une demi-ferme, dite *ferme de croupe*, placée dans le même plan vertical que le faîtage ;

(1) Au moment où nous mettons sous presse, le gouvernement actuel vient de créer un ordre nouveau : le *Mérite agricole*.

3° deux *demi-fermes d'arêtiers*, disposées au droit des intersections du pan de croupe avec les longs pans. Les demi-fermes d'arêtiers reçoivent les extrémités des pannes de longs pans et de croupe; la demi-ferme de croupe supporte ces dernières au milieu de leur longueur. Le tirant de la demi-ferme de croupe porte, d'un côté, sur le mur de croupe et est assemblé, de l'autre, dans le tirant de la ferme transversale; l'arbalétrier, la contre-

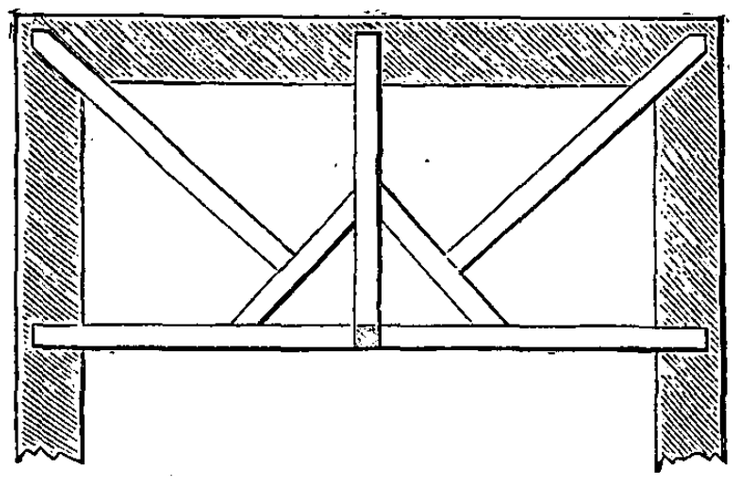


Fig. 681.

fiche, etc., s'assemblent dans le poinçon de croupe. Les tirants des demi-fermes d'arêtiers ou *coyers* sont dirigés vers le point d'intersection des deux autres tirants; mais la difficulté des assemblages s'oppose à ce qu'on les prolonge jusque là. On les assemble dans des pièces horizontales, appelées *goussets*, qui s'assemblent elles-mêmes dans les tirants. Cette disposition de pièces, qui forme une *enrayure*, est représentée, en projection horizontale, par la figure 681, dans la-

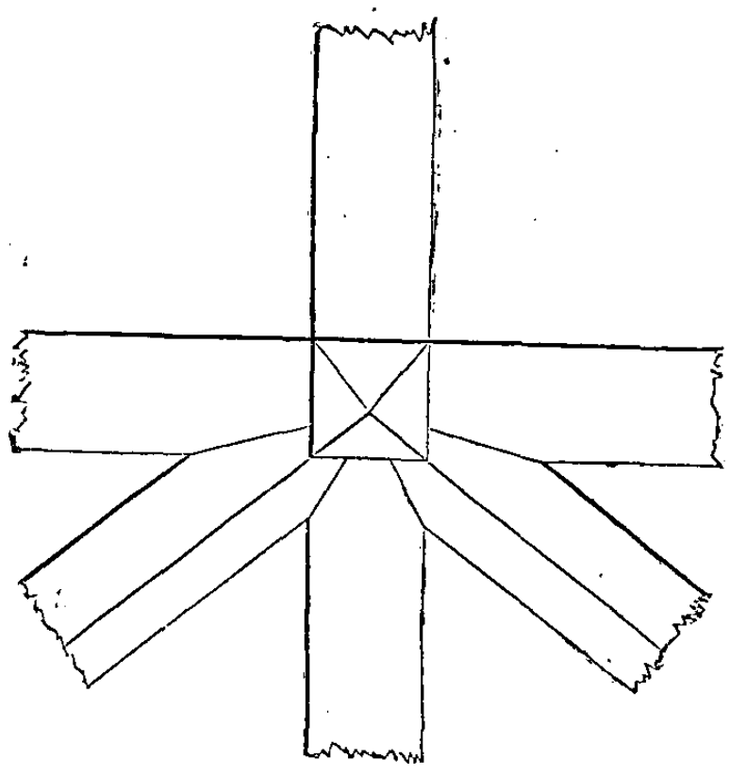


Fig. 682.

quelle toutes les autres pièces de la charpente sont supposées enlevées. Les arbalétriers d'arêtiers s'appuient contre le poinçon; mais, d'ordinaire, ils n'y sont pas assemblés, parce que cette dernière pièce se trouve déjà percée de trois mortaises à l'endroit où il faudrait creuser celle des arêtiers; on se contente donc habituellement de les embrever; en les *déjoutant*, afin qu'ils trouvent passage entre les arbalétriers de croupe et ceux des longs pans. La figure 682 représente, en projection horizontale, les extrémités supérieures des différentes pièces qui se réunissent au sommet du poinçon. Les pannes de croupe et de longs pans se joignent bout à bout dans le plan vertical passant par l'arête du comble. Le faîtage s'assemble, à son extrémité, dans le poinçon de croupe, qui se prolonge assez souvent au-dessus du toit.

D'autres assemblages sont établis à peu près à même hauteur, dans la même pièce; ils servent à maintenir : 1° chacun des deux chevrons de long pan qui viennent s'appuyer contre le poinçon; 2° le chevron placé au milieu de la croupe, dit *chevron de croupe*; 4° les *chevrons d'arêtiers*. Les chevrons des faces triangulaires de la croupe et des longs pans diminuent de longueur à mesure qu'il se rapprochent des angles de l'édifice; ce sont des *empanons*. Ils posent sur la sablière, comme les autres chevrons, et sont assemblés, à leur extrémité supérieure, dans les chevrons arêtiers. La figure 683 représente, en projection plane, une char-

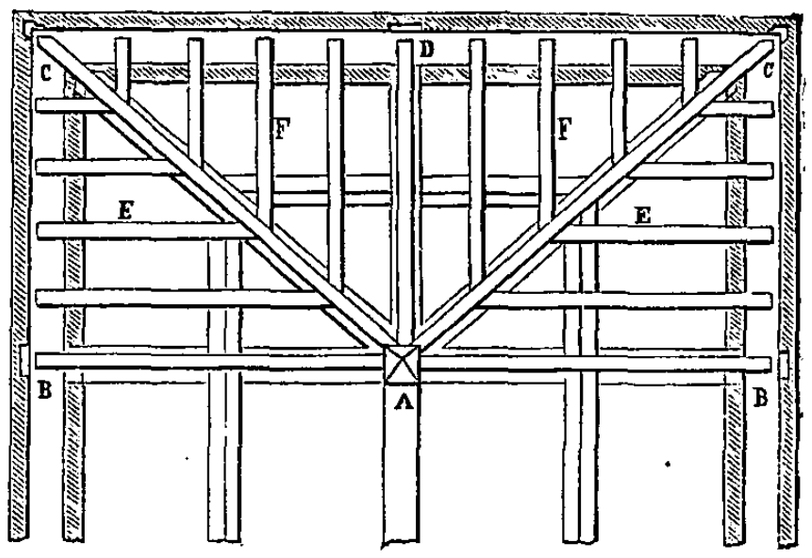


Fig. 683.

pente de croupe. On y voit : A le poinçon de croupe coupé horizontalement; BB les derniers chevrons des longs pans, au-dessous desquels paraît la dernière ferme de long pan; CC les chevrons d'arêtiers; au-dessous, les arêtiers; D le chevron de croupe; au-dessous, la demi-ferme de croupe; EE les empanons de long pan; FF les empanons de croupe.

Quand le plan de l'édifice n'est pas rectangulaire, les croupes sont *biaises* et la disposition des pièces nécessite quelques modifications. Lorsque le biais n'est pas très prononcé, la dernière ferme transversale est, comme les autres, normale à la direction des longs pans; le chevron de croupe se projette horizontalement dans le prolongement du faîtage et les empanons de croupe lui sont parallèles. Mais alors, il faut *délarder* les faces supérieures et inférieures de tous ces chevrons, puisqu'elles doivent être parallèles au pan de croupe; la section d'un chevron n'est plus un rectangle, c'est un parallélogramme. On évite la perte de bois et de main-d'œuvre qu'exige cette disposition, en laissant aux chevrons leur forme rectangulaire. Les faces latérales ne sont plus verticales, elles sont perpendiculaires au pan de croupe; les empanons ainsi placés sont dits *déversés*. Quand le biais est très prononcé, on dirige obliquement la dernière ferme transversale et même toutes les fermes, si l'édifice a la forme d'un parallélogramme; mais alors toutes les

pièces sont biaises, celles des longs pans comme celles de la croupe, et il faut les délarder ou les déverser.

Les combles en pavillons s'établissent d'après les mêmes principes que les croupes. Ainsi, chaque pan est soutenu au milieu par une demi-ferme de croupe, et chaque arête, par une demi-ferme d'arêtier. — F. M.

CROUPIÈRE. *T. de sell.* Morceau de cuir arrondi qui part de la selle ou du harnais et passe sous la queue de l'animal, pour fixer le harnachement et assurer le mouvement des épaules.

* **CROÛTE.** *T. de corr.* Feuille mince de cuir que l'on enlève à certaines peaux au moyen de machines à refendre, et qu'on travaille ensuite, soit en cuir gras, soit en cuir verni, pour la cordonnerie, la sellerie, etc. || *T. de céram.* Feuille de pâte bien battue et d'épaisseur égale qui sert à ébaucher, par le moulage, certaines pièces céramiques. — V. Céramique, § *Technologie.*

* **CROWN-GLASS** ou simplement **CROWN.** *T. techn.* Verre blanc transparent formé de silicates de soude et de chaux mélangés ordinairement d'alumine, d'oxyde de fer et de manganèse. Le *crown* sert à faire des lentilles et des prismes employés dans les instruments d'optique et d'astronomie et qui, combinés avec les lentilles et les prismes en flint (verre pesant, renfermant de l'oxyde de plomb) constituent des systèmes achromatiques, c'est-à-dire donnant des images dépourvues de couleurs irisées sur les bords.

* **CROZATIER,** fondeur en bronze, né au Puy, en 1796, mourut à Paris en 1855. Son œuvre principale est le quadrige qui couronne le petit arc de triomphe, si élégant, construit à l'imitation des plus beaux arcs antiques, par Percier et Fontaine, devant la grille du Carrousel. Ce groupe remplaça le quadrige, rapporté de Venise sous Napoléon Ier, et remporté par les alliés à la chute de l'empire. Son œuvre la plus justement populaire était la statue de Napoléon, en costume moderne, par Seurre, celle qui, pendant plus de trente ans, a surmonté la colonne de la place Vendôme. Elle y avait été placée en 1831. Le second empire eut, en 1863, la fâcheuse inspiration de substituer à cette œuvre, que consacrait la légende de « la redingote grise et du petit chapeau », une statue d'empereur romain quelconque. Le bronze de Crozatier eut les plus tristes destinées. Relégué au rond point de Courbevoie, il fut précipité dans la Seine pendant la guerre de 1870-71, plus tard repêché et déposé dans quelque coin du garde-meuble national, où il est encore. Peut-être cette figure, qui tenait par tant de fibres au cœur du peuple, eût-elle suffi à protéger la colonne de la Grande armée contre le vandalisme de la commune. Celle d'un César y fut impuissante. En mourant, le célèbre fondeur légua une fontaine monumentale à la ville de Puy où il était né, et un prix de ciselure qui porte son nom et fait l'objet d'un concours annuel dont le jugement est confié à la chambre syndicale des fondeurs en bronze. — V. Ciselure.

* **CRU.** *T. de céram.* Pâte céramique séchée, et non cuite. || On donne le nom de *sculpture en pâte cru sur cru,* à un genre de décoration spécial à la porcelaine et qui consiste à appliquer par couches et au pinceau, sur la surface humide de la pièce, une pâte particulière avec laquelle l'artiste obtient ensuite des ornements saillants qu'il peut varier à l'infini. « Cette méthode, dit Salvétat, notre regretté collaborateur, permet de conserver religieusement la touche du sculpteur, si souvent altérée par les opérations du moulage. Elle ajoute encore à la valeur artistique de la pièce le mérite de constituer en quelque sorte un objet unique, puisqu'il n'a pas été confectionné dans le but de multiplier les épreuves. »

* **CRUSHER.** *T. d'artill. Appareil d'écrasement* destiné à mesurer la pression des gaz de la poudre à l'intérieur des bouches à feu ; employé en Angleterre depuis 1869, il n'a été introduit qu'en 1871 en France, où on lui a conservé son nom anglais de *crusher.* Il se compose essentiellement d'un cylindre de métal mou, le plus généralement de cuivre ; du plus ou moins d'écrasement, on déduit la pression exercée ; on admet à cet effet que la pression qui correspond à un écrasement donné, peut être connue par un tarage préalable.

CRYPTE. On désigne sous ce nom, dérivé du grec, un édifice souterrain ayant généralement le caractère religieux, et dont l'équivalent se retrouve partout où le culte est mystérieux ou persécuté. Les monuments druidiques, notamment, ceux qu'on a découverts dans l'Inde et au Mexique, peuvent être considérés comme des *cryptes* (de κρύπτειν cacher) ou des *hypogées* (ὑπο γη sous la terre).

— C'est, en effet, dans les premiers temps du christianisme que la crypte joue un rôle important : elle abrite le tombeau d'un martyr, les réunions des fidèles et la célébration des saints mystères. Quand la paix est donnée à l'Eglise, on élève au-dessus de la crypte une chapelle ou une église ; parfois on creuse une crypte sous une église existante ; mais généralement la crypte est antérieure à la construction de l'édifice, et c'en est presque toujours la partie la plus ancienne.

La crypte est généralement située sous le sanctuaire, ou le chœur, et plus particulièrement sous l'autel, conformément aux prescriptions du rituel et à la mention contenue dans le canon de la messe : *quorum reliquiæ hic sunt.* Dans les petites églises, elle reçoit le jour du dehors, par d'étroites ouvertures ; dans les édifices plus importants, elle s'éclaire sur les bas côtés, sur le chœur ou le sanctuaire ; quelquefois même, l'autel qui la recouvre est ajouré par des baies qui laissent pénétrer la lumière dans la crypte.

Le style de ces constructions souterraines est généralement sévère, lourd, trapu ; la plupart des cryptes sont byzantines ou romanes, d'abord parce qu'elles sont antérieures au XIIIe siècle, puis parceque la légèreté et la sveltesse du style ogival ne conviendraient pas à un édifice sombre, bas et d'autant plus mystérieux qu'il a moins de hauteur.

On distingue, dans les grandes cryptes, le *martyrium,* ou tombeau du saint, qui en est le centre et la partie vénérée ; le *deambulatorium,* ou promenoir, sorte d'allée circulaire qui pourtourne le *martyrium* ; le *chorus,* espèce d'enceinte parallèle au *deambulatorium,* garnie de stalles, ou de sièges, destinés à être occupés par le clergé.

Certaines cryptes dessinent complètement, au-dessous, l'église supérieure qui les recouvre, comme les modernes égouts de Paris reproduisent, sous le sol, les voies publiques tracées à la surface ; mais alors ce sont plutôt des églises souterraines, comme la basse Sainte-Chapelle, que des cryptes proprement dites. L'église souterraine du Sacré-Cœur, en construction à Montmartre, aura ce dernier caractère, bien qu'on la considère comme élevée sur le lieu approximatif du martyre de Saint-Denis.

De nos jours, sauf pour les églises votives, on a généralement renoncé à la crypte, et l'on n'y reviendrait, comme les premiers chrétiens, qu'en temps de persécution. — L. M. T.

***CRYPTOGRAPHIE.** Art d'écrire avec des lettres ou des chiffres combinés de façon à rendre la correspondance indéchiffrable pour tous ceux qui ne sont pas au courant des conventions adoptées.

— La cryptographie est aussi ancienne que le besoin d'assurer le secret des opérations de guerre et des négociations politiques ou commerciales. Elle est employée en Chine depuis un temps immémorial et elle a été cultivée par tous les peuples conquérants de l'antiquité ; chez les Grecs et les Romains, son enseignement faisait partie de l'instruction militaire. Négligée pendant le moyen âge, elle reparut à l'époque de la Renaissance et joua, depuis le XVII^e^ siècle, un rôle de plus en plus important dans la guerre et la diplomatie.

L'invention de la télégraphie électrique a rendu son emploi encore plus nécessaire, en livrant les dépêches à la connaissance des employés chargés de la transmission ; il a même fallu la perfectionner pour lutter contre les progrès remarquables que l'intérêt et la curiosité réalisaient avec passion dans la science du déchiffrement. On a ainsi été conduit à imaginer des appareils qui, en permettant d'exécuter mécaniquement une partie des combinaisons, rendent plus faciles et plus précises la composition et la lecture des dépêches secrètes. M. Du Moncel a décrit, il y a plus de vingt ans, les plus intéressants de ces appareils qui ne sont pas, du reste, entrés dans la pratique, parce que l'emploi de la cryptographie s'est trouvé presque entièrement restreint aux correspondances diplomatiques et administratives. Il suffira, pour donner une idée de leur fonctionnement, de rappeler quelques-uns des moyens proposés pour rendre l'écriture secrète, sans employer d'autres signes que l'alphabet ordinaire.

Une méthode très ancienne consiste à déplacer les lettres de l'écriture, en prenant pour bases deux nombres dont les chiffres sont employés successivement pour déterminer : les uns, la ligne horizontale qui doit contenir la lettre ; les autres, le rang que cette lettre doit occuper dans la ligne ; on écrit les lettres au-dessous les unes des autres, de manière à former un tableau composé de dix colonnes verticales, numérotées 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 0. et d'autant de lignes horizontales qu'il y a de chiffres dans le premier nombre de la clef. Ainsi avec 2413, on aurait une série de quatre lignes, numérotées 1. 2. 3. 4 ; avec 2615, on aurait également une série de quatre lignes ; mais numérotées 1. 2. 5. 6 ; les lignes correspondant aux chiffres absents, 3 et 4, pourraient être supprimées ou figurées avec des lettres inutiles. Si on voulait, par exemple, écrire la phrase suivante :

Le télégraphe est coupé depuis hier.

Avec les nombres 2413 et 6381, la première lettre serait placée sur la deuxième ligne et au sixième rang ; la seconde lettre, sur la quatrième ligne et au troisième rang, et ainsi de suite. Tous les mots sont séparés par un point. Lorsqu'une ligne est remplie jusqu'à la colonne 0, on revient en arrière et l'on place la lettre suivante à la première colonne, jusqu'à ce que les lacunes de gauche soient remplies à leur tour. A mesure que les lignes de la première série se complètent, on répartit les lettres suivantes dans une deuxième série, en opérant comme précédemment. La phrase ci-dessus, ainsi transcrite, donne le cryptogramme suivant :

e c e p . r . . e p
u d i i . l e r e t
t g h s o . u h . .
e . e l a . . p e s

Une autre méthode consiste à changer l'interprétation des lettres de l'alphabet ; ainsi en prenant pour clef la lettre *k*, il suffit d'écrire au-dessous de l'alphabet ordinaire, un autre alphabet commençant par la lettre-clef.

a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
k l m n o p q r s t u v w x y z a b c d e f g h i j

et le mot *télégraphie* s'écrirait *dovoqbkzrso*.

Mais on peut observer que la même lettre conserve la même interprétation dans tout le cours d'une dépêche et que, comme dans chaque langue, certaines lettres reviennent plus souvent que d'autres, il est facile de rapprocher ces répétitions pour reconnaître les caractères qui les représentent et trouver la clef de l'écriture. Pour éviter cet inconvénient, on a eu l'idée de multiplier les alphabets conventionnels, en commençant chacun d'eux par une lettre différente, et de prendre ces lettres dans un mot convenu d'avance et traduit lui-même en écriture cryptographique au moyen de deux alphabets employés en sens inverse, l'*a* de l'alphabet ordinaire étant représenté par le *z* du second alphabet.

Le mot *major*, pris pour clef, s'écrirait *nzqli*, et ces lettres deviendraient l'origine d'autant d'alphabets que l'on emploierait successivement, en revenant au premier, chaque fois que l'on a traduit cinq lettres.

Le mot *télégraphie* s'écrirait alors *gdbpoezfsqr*, et la lettre *e* qui s'y trouve trois fois répétée, est représentée de trois façons différentes, par les lettres *d*, *p*, *r*.

On peut dès lors se rendre compte du mécanisme proposé pour faciliter ces transformations. Si l'on installe, au-dessous d'une petite bande fixe sur laquelle est tracé un alphabet, une seconde bande mobile contenant deux alphabets consécutifs, il suffira de déplacer la seconde bande pour amener, sous la première lettre de l'alphabet fixe, la lettre de l'un des alphabets mobiles correspondante à la clef ; pour rendre cette manœuvre plus facile, la bande mobile est

portée par deux petits rouleaux, à la façon d'une courroie sans fin portée par deux poulies. Afin de pouvoir employer pour la clef un mot de plusieurs lettres, on réunit un certain nombre des systèmes précédents de façon à former un petit tambour qui, en tournant, les amène, l'un après l'autre, vis-à-vis d'un guichet, afin d'empêcher toute confusion. Des boutons permettent de manœuvrer : d'abord les alphabets mobiles, pour placer chacun d'eux à la lettre correspondante de la clef; puis de faire tourner le tambour, dans un sens ou dans l'autre, suivant que l'on veut transformer ou traduire l'écriture.

Wheatstone avait imaginé un cryptographe ayant la forme et les dimensions d'une grosse montre; il se composait de deux cadrans portant deux alphabets concentriques; l'un des cadrans était fixe; l'autre, mobile, ce qui permettait de le faire tourner pour changer la correspondance des lettres de son alphabet avec celles du cadran fixe. Devant les cadrans pouvaient se mouvoir deux aiguilles, reliées par des roues dentées, de façon qu'à chaque tour de l'une d'elles, l'autre était en retard d'une division. L'aiguille du cadran fixe étant amenée sur la lettre à transposer, l'autre aiguille indiquait la lettre à employer; on pouvait encore compliquer les combinaisons en convenant d'avance de faire faire aux aiguilles plusieurs tours, avant de les placer sur la lettre cherchée.

Entre des mains exercées, des appareils de ce genre peuvent suffire à toutes les opérations de la cryptographie ; on a cependant cherché à faire encore plus et à réaliser un *cryptographe-imprimeur*, afin d'éviter les erreurs d'écrivain ; mais alors les appareils cessent d'être portatifs et leur complication en augmente le prix, hors de proportion avec les services qu'ils peuvent rendre. — J. B.

— V. Du Moncel : *Exposé des applications de l'électricité.*

***CUBA** (Bois de). Variété la plus estimée du bois jaune ou bois de Brésil.

CUBAGE. Cuber un corps, c'est en déterminer le volume. La géométrie élémentaire apprend à calculer le volume des solides les plus simples au moyen de leurs dimensions linéaires qu'il faudra donc mesurer dans la pratique; l'on calculera ensuite le volume par les formules de géométrie dont nous allons rappeler les principales :

Prisme : $V=Bh$, h étant la hauteur et B la surface de base qu'il faudra déterminer d'abord par les formules des surfaces. — V. Surface.

Tronc de prisme : $V=Bh_g$, B étant l'une des bases, et h_g la distance à cette base du centre de gravité de l'autre.

Pyramide : $V=\frac{1}{3}Bh$.

Tronc de pyramide à bases parallèles :

$$V=\frac{1}{3}h\left(B+b+\sqrt{Bb}\right),$$

h étant la hauteur du tronc, et B et b les deux bases.

Les corps polyédriques irréguliers pourront toujours se cuber à l'aide des formules précédentes, car il sera toujours facile de les décomposer en troncs de prismes et troncs de pyramides : c'est ainsi que l'on arrive à cuber les tas de terre, déblais, remblais, les murs, les constructions, etc.

Pour les corps ronds nous aurons les formules : *cylindre droit circulaire* $V=\pi r^2h$, r étant le rayon de base, et h la hauteur.

Un cylindre quelconque a pour volume $V=Bh$. Le volume d'un cylindre tronqué est égal au produit de la section droite par la distance des centres de gravité de deux bases, ou encore au produit de l'une des deux bases par la distance à cette base du centre de gravité de l'autre.

Cône droit circulaire : $V=\frac{1}{3}\pi r^2h$.

Cône quelconque : $V=\frac{1}{3}Bh$.

Tronc de cône droit à bases parallèles :

$$V=\frac{1}{3}\pi h(R^2+r^2+Rr)$$

R et r étant les rayons des deux bases.

Le tronc de cône quelconque à bases parallèles se mesure par la même formule que le tronc de pyramide :

$$V=\frac{1}{3}h\left(B+b+\sqrt{Bb}\right)$$

Sphère :

$$V=\frac{4}{3}\pi R^3=\frac{1}{6}\pi D^3,$$

R étant le rayon, et D étant le diamètre.

Secteur sphérique (volume engendré par un *secteur* circulaire tournant autour d'un de ses diamètres) :

$$V=\frac{2}{3}\pi R^2h,$$

h étant la hauteur du secteur, c'est-à-dire la projection de la zône sur le diamètre perpendiculaire aux plans des deux cercles extrêmes.

Anneau sphérique (volume engendré par un *segment* circulaire tournant autour d'un de ses diamètres) :

$$V=\frac{1}{6}\pi a^2h,$$

a représentant la corde du segment de cercle et h la hauteur de l'anneau.

Segment sphérique (portion de sphère comprise entre deux plans parallèles) :

$$V=\frac{1}{6}\pi h^3+\frac{1}{2}\pi h(r^2+r'^2)$$

h étant la hauteur du segment, r et r' les deux rayons *des bases*.

Calotte sphérique :

$$V=\frac{1}{6}\pi h^3+\frac{1}{2}\pi hr^2$$

r étant le rayon *de base*.

En général, on obtiendra facilement le volume d'un solide de révolution au moyen du théorème suivant dû à Guldin : *Le volume engendré par une aire plane limitée qui tourne autour d'un axe situé dans son plan est égal au produit de cette aire par*

la circonférence que décrit son centre de gravité; ce qui ramène le cubage d'un solide de révolution à la recherche de l'aire et du centre de gravité de la surface comprise à l'intérieur de la méridienne. Par exemple, on trouve immédiatement pour le volume d'un tore ou anneau circulaire.

$$V=\pi^2 r^2(R+R'),=2\pi^2 r^2(R+r)=2\pi^2 r^2(R'-r)$$

r étant la demi-épaisseur de l'anneau, R et R' le rayon des cercles intérieurs et extérieurs dont la différence est nécessairement $2r$.

Le volume d'un tore elliptique est pareillement:

$$V=\pi^2 ab(R+R')$$

a et b étant les demi-axes de l'ellipse génératrice.

Le volume d'un ellipsoïde à trois axes inégaux a, b, c est $V=\frac{4}{3}\pi abc$, formule qui devient

$$V=\frac{4}{3}\pi ab^2$$

dans le cas d'une ellipsoïde de révolution, a étant la demi-axe de révolution.

Les formules précédentes permettent de calculer les volumes de tous les corps qui sont limités par des portions de surfaces simples; il suffira de décomposer le solide considéré en parties qu'on puisse cuber séparément.

Pour trouver le volume compris sous une surface fermée donnée par son équation, nous allons d'abord chercher le volume compris entre : 1° le plan des xy ; 2° un cylindre fermé défini par une équation $\varphi(x,y)=o$, et dont les génératrices seront par conséquent parallèles à l'axe des z ; 3° une surface quelconque $F(x,y,z)=o$. Décomposons ce volume en tranches par des plans parallèles au plan des zy menés à des distances constantes dx.

Chacun de ces plans coupe le cylindre suivant deux génératrices, dont les y seront les racines de l'équation $\varphi(x,y)=o$ où x aura reçu la valeur correspondante à la position du plan. Soit y_0 et y_1 ces deux racines qui sont ainsi fonction de x.

Le volume de la tranche sera donc :

$$dx\int_{y_0}^{y_1} z\,dy$$

L'intégration étant faite en considérant z comme fonction de y seulement, x étant supposé constant. Ce volume est ainsi une fonction de x, et le volume total est alors donné par l'intégrale double :

$$V=\int_{x_0}^{x_1} dx\int_{y_0}^{y_1} z\,dy$$

qu'on écrit en abrégé :

$$\int\int z\,dx\,dy$$

et où les limites x_0 et x_1 sont les x des deux plans tangents extrêmes au cylindre.

Pour trouver maintenant le volume compris sous une surface courbe fermée $F(x,y,z)=o$, nous chercherons d'abord l'équation du cylindre de contour apparent qu'on obtient en éliminant z entre les équations $F=o$ et $\frac{dF}{dz}=o$, puis nous remarquerons que la courbe de contour apparent sépare la surface en deux portions; nous n'aurons donc plus qu'à faire la différence des volumes compris entre l'une et l'autre de ces deux portions, le cylindre de contour apparent, et le plan des xy. Si l'on désigne par z et z_1 les ordonnées des deux portions de surface pour un même système de valeurs d'x et d'y, lesquelles sont les racines de l'équation $F=o$ quand on y donne à x et à y les valeurs considérées, on trouve l'expression du volume sous la forme d'une intégrale double :

$$V=\int\int(z_1-z)\,dx\,dy,$$

les limites d'intégration devant être déterminées comme nous l'avons expliqué tout à l'heure.

Ajoutons enfin que dans la pratique, on emploie souvent pour cuber des corps de forme analogue, des formules empiriques qui donnent, à l'aide d'un calcul fort simple, une approximation bien suffisante pour les besoins de l'industrie. Telles sont, par exemple, les formules usitées pour le jaugeage des tonneaux :

$$V=\frac{1}{3}\pi H\left[2R^2+r^2-\frac{1}{3}\left(R^2-r^2\right)\right]$$

ou même $V=0{,}625\,D^3$, D étant la diagonale qui va du trou de bonde au point le plus bas de l'un des fonds, R, le rayon de la plus grande section, et r le rayon de la base. — M. F.

CUBATURE. Action de cuber (V. CUBAGE). Se dit particulièrement du calcul des intégrales doubles, parce que les volumes compris sous une surface fermée, se déterminent à l'aide d'une pareille *intégrale*. Quand un problème se ramène au calcul d'une intégrale double, on dit qu'il se ramène à une *cubature*.

CUBE. Solide compris sous six carrés égaux, on le nomme encore *hexaèdre régulier*. Le cube de l'unité de longueur constitue l'unité du volume. Le volume du cube s'obtient en multipliant sa surface de base par la hauteur, ce qui revient à dire que ce volume est égal à l'arête élevée à la troisième puissance. Il en résulte qu'en arithmétique, la troisième puissance d'un nombre en est appelée le cube. L'extraction de la racine cubique d'un nombre un peu grand donne lieu à des calculs assez longs, aussi fait-on généralement cette opération en se servant des logarithmes.

***CUBÈBE.** *T. de bot.* Fruit du *Piper cubeba*, Lin. (syn. : cubeba officinalis, Miq.), plante grimpante, ligneuse, dioïque, de la famille des Pipéracées, et du genre Piper, originaire de Java, de Bornéo et de Sumatra. La seule partie qu'on utilise dans cette plante, est le fruit, qui est globuleux, sec, de 4 millimètres environ de diamètre, ridé à sa surface et de coloration brun-noirâtre ; souvent on le trouve recouvert par une poussière grise. Il est caractérisé par la présence d'un long pédicule (c'est plutôt le péricarpe qui s'est rétréci).

Le fruit est de saveur âcre, forte, aromatique, rappelant un peu celle du camphre, odorant. Il est constitué par un tégument extérieur, qui recouvre un noyau, lequel renferme une graine sphérique, à albumen huileux. La composition chimique de ce fruit est complexe : on y trouve une huile volatile verdâtre, polymère de l'essence de

térébenthine, et lévogyre (6 à 15 0/0), laquelle, soumise au refroidissement, laisse déposer des cristaux blancs, octaédriques, d'*hydrate de cubébène* (camphre de cubèbe)

$$C^{30}H^{24}, H^2O^2 \ldots \mathfrak{C}^{15}H^{24}, H^2O.$$

Le *cubébène*, qui domine dans cette essence, bout à 264°; il est accompagné d'un autre carbure, correspondant à la formule $C^{20}H^{16} \ldots \mathfrak{C}^{10}H^{16}$, lequel a son point d'ébullition à 160° (Oglialoro). M. Berthelot a montré qu'en distillant le cubèbe avec de l'acide iodhyrique, on obtenait divers carbures :

$C^{10}H^{12} \ldots \mathfrak{C}^{5}H^{12}$, — $C^{20}H^{22} \ldots \mathfrak{C}^{10}H^{22}$, — $C^{30}H^{32} \ldots \mathfrak{C}^{15}H^{32}$, à 280°, et un carbure plus élevé $C^{40}H^{42} \ldots \mathfrak{C}^{20}H^{42}$, à 360°.

Le principe aromatique du fruit est la *cubébine* $C^{34}H^{17}O^{10} \ldots \mathfrak{C}^{17}H^{17}O^{10}$, qui n'existe qu'en petite quantité (0^{gr},4 à 2^{gr},5 0/0) est solide, en aiguilles, inodore, insipide et neutre. Ce principe, qui diffère bien du pipérin, lequel est azoté, est peu soluble dans l'eau froide, plus dans l'éther froid (1/30°), et bien soluble dans l'alcool bouillant. Il est surtout remarquable par la coloration bleue persistante qu'il prend avec le pentoxyde de phosphore.

D'après M. Schmidt, on trouve encore dans le cubèbe une *résine* neutre $C^{34}H^{14}O^{10}$ (3 0/0), amorphe, de l'acide *cubébique* $C^{26}H^{14}O^{14}, H^2O^2$ (1 0/0), également amorphe, et qui constituent les parties actives de la plante; de la gomme, une huile grasse, des malates de chaux et de magnésie, etc.

Usages. Le poivre cubèbe a été, pendant fort longtemps, employé uniquement comme condiment, et cela dès le moyen âge. Il cessa cependant d'être importé en Europe, et ce n'est qu'en 1815 qu'il reparut sur les marchés, après que l'on eût reconnu ses propriétés tout à fait spéciales, dans le traitement des affections des organes génito-urinaires.

* **CUBILOT.** *T. de métall.* On appelle *cubilots* des fours à cuve, destinés à la fusion rapide de la fonte ou d'autres matières métalliques aussi fusibles. On introduit, par la partie supérieure, le combustible et le métal, en alternant les charges ; le vent nécessaire à la combustion est soufflé, à l'aide de machines spéciales, à la partie inférieure, et le métal se rassemble au-dessous des tuyères, dans une sorte de creuset d'où il peut être coulé au dehors. La figure 684 représente un cubilot ordinaire, de 0^{m},60 de diamètre intérieur, et pouvant fondre 4 tonnes par heure. Dans une enveloppe ou manteau en fonte et mieux en tôle de fer MM, se trouve la maçonnerie réfractaire, de profil intérieur cylindrique, avec un certain étranglement EE. On emploie pour maçonner les cubilots soit des briques réfractaires, soit du pisé. On doit réserver les matériaux de première qualité pour la partie inférieure où la température se trouve le plus élevée. Au point de vue de la durée, il est préférable de faire la partie supérieure en briques, pour résister à l'usure résultant du frottement des blocs de fonte, tandis que la partie inférieure et, notamment, celle qui sert de creuset et où la fonte doit se rassembler, une fois liquéfiée, se fera mieux d'une seule pièce en pisé bien damé. On évitera ainsi l'usure par infiltration du métal entre les joints des briques. En O, se trouve une porte pour le nettoyage et les réparations ; elle est maçonnée pendant le soufflage, et la coulée se fait par un orifice pratiqué en R. Pour insuffler le vent, on a pratiqué deux étages de tuyères en E et N, et on les a reliés par un manchon en fonte, qui permet l'alimentation simultanée de tous les orifices à la fois. Cette disposition, qui répartit le soufflage sur deux niveaux, active notablement la fusion, mais elle limite le poids maximum fondu à la capacité du creuset; autrement, si on soufflait dans la fonte liquide, parvenue au-dessus du niveau EE, il se produirait un affinage et une décarburation, ce que l'on cherche à éviter, au contraire, autant que possible.

Le profil d'un cubilot ne saurait être tout à fait cylindrique. On préfère employer une forme se rapprochant de deux troncs de cône, qui concentre mieux la chaleur dans la partie située immédiatement au-dessus du creuset, puis la partie supérieure de la cuve reprend la forme cylindrique. Du reste, comme tout ce qui est empirique, et n'a pas une très grande influence, la forme des cubilots est très variable. Le cubilot représenté dans la figure 684 est le type que l'on appelle le *cubilot d'Ireland*, dont le caractère particulier est d'avoir un certain rétrécissement aux tuyères, et celles-ci réunies dans un manchon qui fait le tour de la cuve.

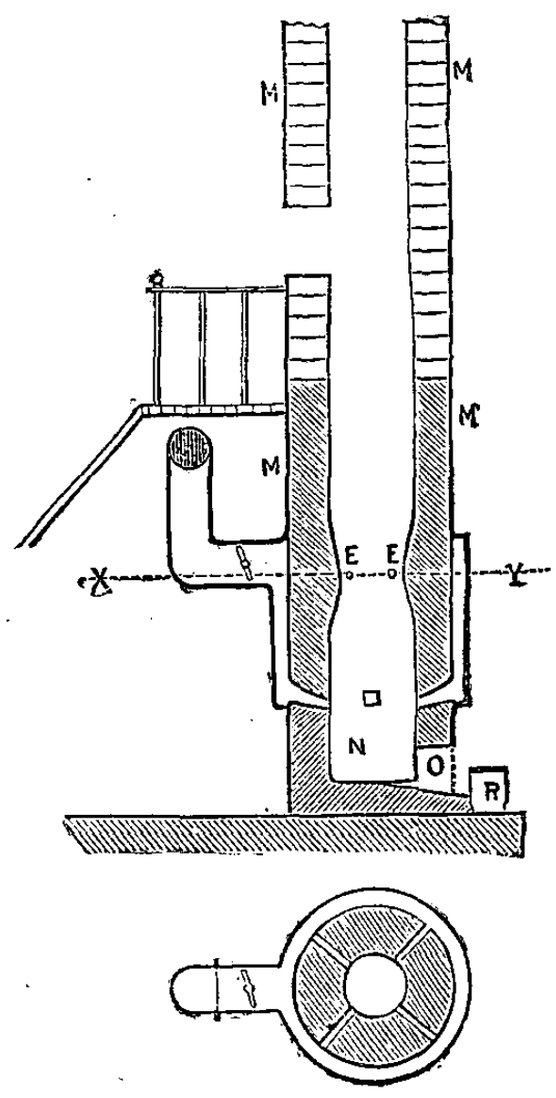


Fig. 684.

La consommation du combustible varie de 10 à 15 0/0 du poids de la fonte, suivant la manière de conduire le vent et suivant la continuité plus ou moins grande de la fusion. On comprend, en effet, que pour mettre en feu, il faut d'abord remplir le creuset de coke, indépendamment des charges alternant avec la fonte. Dans un cubilot analogue à celui dont nous donnons le profil et la coupe, il faut compter un emplissage initial du creuset, s'élevant à 150 kilogrammes de coke, puis alternativement une charge de 500 kilogrammes de fonte et 25 kilogrammes de coke.

Il est bon, pour la mise en feu, de commencer

par mettre un peu de charbon de bois au fond du creuset, puis du coke, en ayant soin de souffler avec une tuyère placée très bas. De cette manière, on échauffe bien le creuset avant que la fonte liquide n'y arrive et ne puisse s'y figer. On bouche ensuite cette tuyère et on passe à la rangée inférieure. Le moment où l'on doit boucher les tuyères inférieures et souffler avec la rangée supérieure, est déterminé par l'apparition des gouttelettes de fonte à ce niveau. La fusion au cubilot est beaucoup plus rapide et plus économique que la fusion au reverbère ; de plus, vu le milieu réducteur dans lequel elle a lieu, la perte par oxydation est moindre. Elle existe cependant et est en moyenne de 4 à 5 0/0. Pour les fontes siliceuses ou manganésées, le déchet se porte de préférence sur le silicium et le manganèse. D'un autre côté, le contact de la fonte avec les cendres du coke permet aux impuretés de celles-ci de passer dans le métal. On doit donc employer des cokes ayant aussi peu de cendres que possible, de 5 à 8 0/0 au maximum.

Pour faciliter la fusion des cendres, généralement composées de 50 0/0 de silice et 30 0/0 d'alumine, on ajoute du carbonate de chaux en quantité au moins égale à la proportion des cendres du coke consommé. On obtient alors un laitier filant chargé d'oxyde de fer et qui se sépare bien.—F. G.

* **CUBITIÈRE.** *Art milit. anc.* Partie de l'armure qui enveloppait le coude et qui avait la forme d'un cône ou d'un bassin circulaire conique, et dont la convexité était en dehors ; elle était fixée à la saignée au moyen d'une courroie attachée à la manche du haubert de mailles. On lui donnait le nom de *garde-bras.*

* **CUB-KNOT.** *T. d'électr.* Unité de volume employée pour les matières isolantes dans l'étude électrique des câbles sous-marins. Le cub-knot est un solide ayant un knot en longueur, largeur et épaisseur. Les électriciens anglais rapportent toujours la résistance spécifique et la capacité spécifique de l'enveloppe isolante d'un câble à celles du cub-knot de matière isolante à 23°8 C.

CUCURBITE. *T. techn.* Partie de l'*alambic* dans laquelle on introduit les matières à distiller.

* **CUDBEAR** (de l'anglais *Cuthbert Gordon*). Matière colorante dérivée de l'orseille employée beaucoup autrefois pour la teinture des laines, mais c'est une couleur assez peu solide, comme tous les dérivés de l'*orseille.* On en fait encore usage dans la coloration des liquides.

* **CUGNOT** (Joseph), né à Void (Lorraine), le 25 septembre 1725, est, on peut le dire, l'inventeur des *locomotives* (V. ce mot); il passa sa jeunesse en Allemagne, où il servait en qualité d'ingénieur; il entra ensuite au service du prince Charles des Pays-Bas et publia un ouvrage sur les *fortifications de campagne*; il inventa également un modèle de fusil adopté par le maréchal de Saxe pour l'armement des hulans. Encouragé par ses succès, il s'occupa, à Bruxelles, de construire des chariots à vapeur, désignés par lui sous le nom de *fardiers à vapeur.* En 1763, il se rendit à Paris pour continuer ses recherches et réussit, en 1769, à construire la première voiture à vapeur qui fut soumise à l'examen du général Gribeauval, lequel lui fit accorder une pension de 600 livres. Cette pension lui fut retirée lors de la Révolution, mais une dame charitable de Bruxelles lui fournit des secours qui l'empêchèrent de mourir de misère. Le général Bonaparte, à son retour d'Italie, exprima à l'Institut l'opinion qu'il serait possible de tirer partie de l'invention de Cugnot ; grâce à cette intervention, sa pension lui fut rendue en 1801 ; elle était portée à 1,000 livres ; il mourut en 1840, au moment où les premières locomotives commençaient à circuler sur les voies ferrées de Newcastle.

CUILLER ou **CUILLÈRE.** 1° Ustensile de table dont on fait usage pour servir ou prendre le potage et les aliments liquides ou peu consistants. Le raffinement de nos mœurs et le luxe de la table ont créé une grande variété de cuillers. || 2° *T. techn.* On donne ce nom à un grand nombre d'outils qui ont la forme d'une cuiller. || Tarière de sabotier. || Pierre creusée au milieu et destinée à recevoir l'eau qni tombe ; on dit aussi *culière.*

CUIR. On désigne, d'une façon générale, la peau épaisse des gros animaux quadrupèdes sous le nom de *cuir*, mais cette acception est surtout employée, dans la langue industrielle, pour désigner ces mêmes peaux provenant d'animaux abattus, comme le cheval, le bœuf, le veau, auxquelles on a fait subir un travail de préparation. Le nom de *peaux* est conservé à celles qui proviennent des moutons, des agneaux et des chèvres. Le commerce des cuirs tient une place importante dans presque tous les pays, et son origine est d'ailleurs très reculée ; mais il a surtout pris une plus grande extension depuis l'établissement des rapports faciles avec les Amériques, où l'on trouve des troupeaux immenses, dont les peaux sont un des principaux objectifs d'exploitation et qui sont venues sur le marché européen fournir aux demandes sans cesse croissantes de la consommation, en même temps que celle-ci trouvait par là de nouvelles sources d'augmentation.

Il faut distinguer dans les cuirs deux états : le *cuir brut*, tel qu'il provient de l'abattage, et le *cuir travaillé.* Le premier, qu'on désigne indifféremment par le nom de *peaux brutes*, se divise à son tour en *cuirs verts*, qu'on livre au commerce dans l'état où on les trouve à la sortie des abattoirs, et en peaux de provenance exotique ou *cuirs secs* et *cuirs salés*, suivant le mode adopté pour les importer en Europe. Il est reconnu, d'ailleurs, que le procédé de salaison est généralement préféré au procédé de dessiccation ; parce qu'il est rare, en effet, que les cuirs secs ne soient pas plus ou moins altérés par des mites qui s'y forment et les dévorent.

Les cuirs bruts ne peuvent être utilisés dans l'industrie, qu'après avoir été soumis à un travail de préparation essentiel, le *tannage.* Une série ultérieure d'autres opérations, le *corroyage*, le *hon-*

groyage, etc., le transforment ensuite en produits spéciaux, suivant les destinations auxquelles on le réserve. Chacune de ces opérations diverses forme l'objet d'un article spécial du *Dictionnaire*, auquel on peut se reporter pour en suivre la marche. Nous nous contenterons ici, d'indiquer les dénominations adoptées pour les différentes variétés de cuir travaillé, ainsi que les usages auxquels on les destine.

Les *cuirs tannés* ne reçoivent qu'une seule application directe, la confection des semelles de chaussures, et encore sont-ils soumis à un battage, pour en régulariser l'épaisseur et la souplesse, mais ils forment le point de départ de toutes les variétés de cuir qu'on trouve dans l'industrie, variétés qui, suivant les différents modes de corroyage qu'on leur applique, fournissent aux besoins de la sellerie, de la carrosserie, de la cordonnerie et à la fabrication des courroies pour machines, ainsi que pour les garnitures des pompes, et en général, lorsqu'il s'agit de pratiquer le serrage de pièces métalliques les unes sur les autres. Ils se subdivisent en *cuirs en suif*, en *huile*, etc. (V. CORROYAGE). Ces mêmes cuirs corroyés peuvent, par des travaux supplémentaires, fournir toute une nouvelle série de produits. Les *cuirs vernis*, auxquels nous consacrons un article spécial, pour la carrosserie, la cordonnerie et l'équipement militaire.

La fabrication des cuirs se fait dans tous les pays, mais principalement en France, en Angleterre et en Allemagne, et notre pays a toujours tenu une des premières places dans cette industrie. Toutefois, il ne faut pas méconnaître qu'il s'élève tous les jours des concurrences sérieuses ; en Angleterre pour les cuirs de sellerie, en Allemagne pour les vernis et les maroquins, en Suisse et en Belgique pour les simples cuirs tannés, concurrences qui doivent stimuler le zèle de nos manufacturiers, s'ils veulent rester comme autrefois à la tête de cette industrie.

STATISTIQUE. Il est facile de faire ressortir l'importance du commerce des cuirs, à l'aide de quelques chiffres empruntés aux documents généraux, sur cette matière. Voici, depuis une période de dix années, les valeurs qu'ont présentées les chiffres des importations et des exportations, tant des peaux brutes que des peaux préparées au tan, corroyées, mégissées, maroquinées, vernies et autres.

Années	Importations		Exportations		
	Peaux brutes	Peaux travaillées	Peaux brutes	Peaux travaillées préparées	Peaux travaillées en ouvrages
	millions de francs	millions de francs	millions de francs	millions de francs	millions de francs
1871	95.0	21.8	39.6	83.6	97.6
1872	150.6	25.0	44.8	118.8	161.0
1873	163.9	24.8	43.3	107.6	151.2
1874	184.0	28.0	50.9	116..	160.7
1875	203.3	42.2	50.7	101.7	194.8
1876	168.6	33.6	46.2	88.0	181.3
1877	152.6	25.6	49.5	94.0	177.2
1878	151.3	26.5	49.9	93.3	186.7
1879	175.1	33.0	60.0	106.5	174.9
1880	160.0	29.3	70.7	102.5	192.6
1881	162.0	33.4	75.6	111.6	188.2

A ces valeurs numériques, correspondent pour ces matières des quantités considérables, ainsi qu'on peut en juger, par exemple, pour l'année 1881, où l'on trouve pour les poids de matières correspondants aux catégories précédentes.

	Importations	Exportations
Peaux brutes.	136.909 tonnes.	61.161 tonnes.
Préparées. . .	9.757 —	20.223 —

Cuir verni. Les cuirs vernis sont employés dans la sellerie, la carrosserie, l'équipement militaire et la cordonnerie. La France, l'Angleterre et l'Allemagne sont les pays où on les fabrique, toutefois les cuirs vernis français jouissent jusqu'ici d'une réputation supérieure incontestée. Ces cuirs doivent présenter un certain nombre de qualités, qui nécessitent de grands soins dans leur fabrication. Ils doivent être souples, le vernis brillant doit surtout ne pas se casser quand on ploie le cuir en tout sens ; enfin, ils doivent encore offrir assez de sécheresse pour qu'en superposant les cuirs au-dessus les uns des autres, comme cela est nécessaire pour l'emballage par exemple, ils ne *collent* pas, comme on dit en terme de métier. C'est là un des caractères particuliers aux vernis d'origine française, qui les rend spécialement propres à l'exportation.

Le fabricant de cuirs vernis emploie des peaux qui ont déjà subi le *tannage* et le *corroyage* ; à la rigueur, il peut s'approvisionner de cuirs ayant subi ces préparations. Mais, comme la façon dont a été conduite ces opérations a la plus grande influence sur les produits de leur propre travail, toutes les usines importantes les pratiquent elles-mêmes. Quelques-unes même, tout en suivant les règles ordinaires pour le tannage, apportent dans ce travail une opération supplémentaire, dans le but de le compléter, et qui consiste à laisser les peaux déjà tannées, immergées pendant une quinzaine de jours dans une cuve d'eau saturée du principe tannant.

Les perfectionnements apportés au corroyage par l'emploi des machines, notamment de celles à refendre, ont beaucoup contribué à la perfection de la fabrication des cuirs vernis. Les peaux corroyées doivent recevoir un apprêt spécial, puis ensuite elles sont vernies.

L'*apprêt* a pour but de former à la surface du cuir un enduit uniforme, glacé, bouchant tous les pores et constituant *un fond* susceptible de recevoir le vernis dans des conditions convenables ; exactement comme lorsqu'il s'agit de peinture vernie, on est conduit à enduire les surfaces et à les poncer pour obtenir des tables aussi homogènes et aussi lisses que possible. L'on conçoit facilement que cet apprêt ne doit être que superficiel, car s'il est nécessaire de boucher les pores du cuir et d'en égaliser la surface, pour permettre au vernis de prendre convenablement ; on comprend également que pour lui conserver sa souplesse il est indispensable que cet apprêt ne pénètre pas profondément. La façon dont les cuirs

ont été mis au dégras influe considérablement sur le succès de l'apprêtage. Un manque de dégras laisse le cuir raide, un excès empêche l'apprêt de prendre, de sécher, il se forme alors un embus qui rend le vernis terne. Il faut surtout que le degré de dégras soit d'une uniformité absolue. La substance qui sert à former l'enduit dans cette opération de l'apprêtage, est de l'huile de lin rendue siccative, à laquelle on ajoute soit de l'ocre, soit de la craie très finement pulvérisée. Pour rendre l'huile de lin siccative, on fait bouillir 100 litres d'huile de lin avec 10 kilogrammes de céruse et 10 kilogrammes de litharge jusqu'à consistance sirupeuse. C'est là ce qu'on nomme l'*huile d'apprêt*. On met deux ou trois couches de ce produit à vingt-quatre heures d'intervalle, et on procède ensuite à un ponçage à la ponce pulvérisée. Cette opération du ponçage, qui joue un grand rôle dans la fabrication des cuirs vernis, ne se pratiquait autrefois qu'à la main. Bien que pénible, elle demande à être faite avec un grand soin, aussi la machine à poncer, inventée par M. Soyer, et dont la figure 685 qui la représente, permet facilement d'en comprendre le fonctionnement, a-t-elle été une innovation des plus heureuses pour cette industrie.

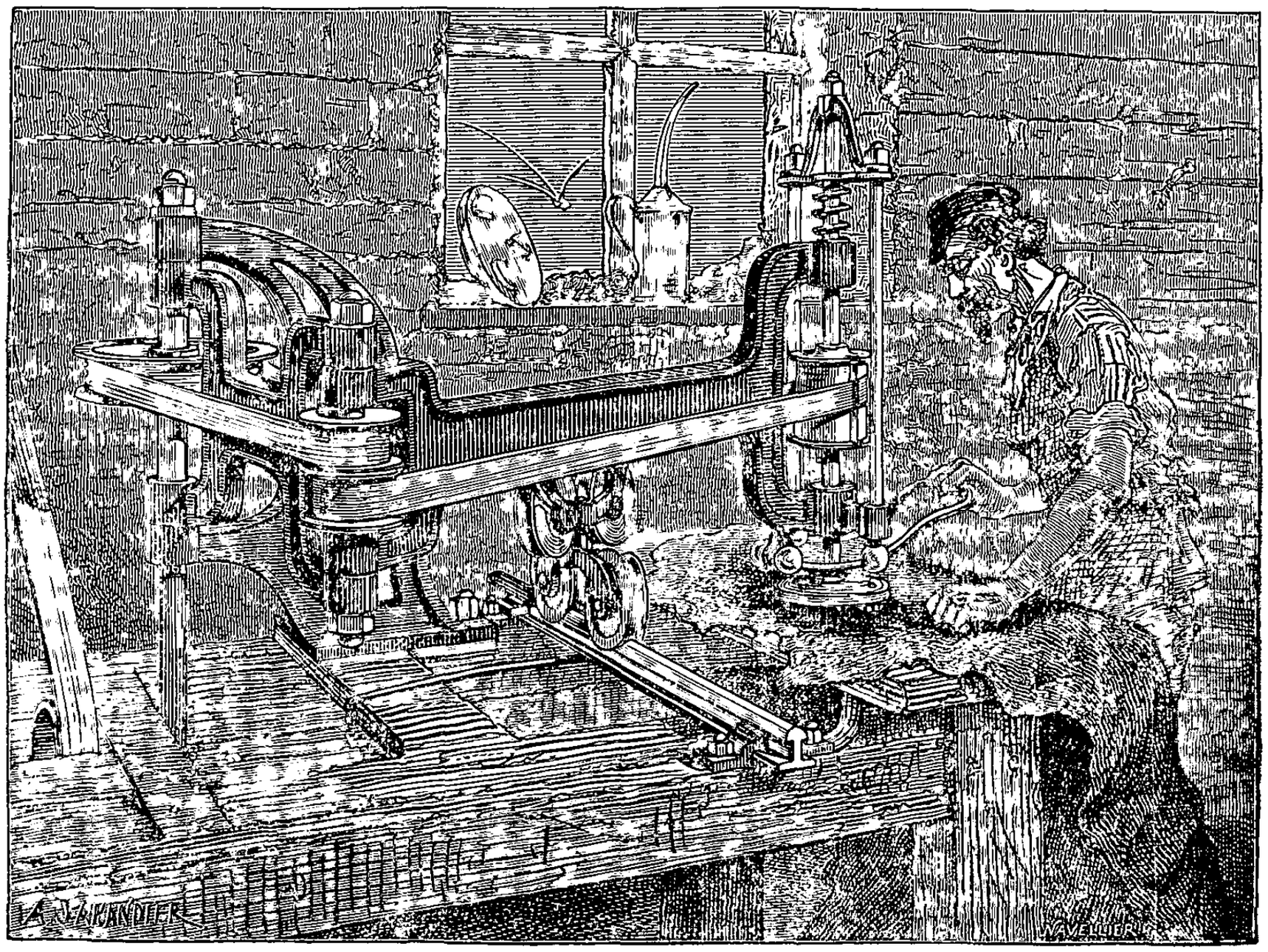


Fig. 685. — *Machine à polir les cuirs vernis.*

Une seule passe ne suffit pas pour un bon apprêt, il faut répéter à plusieurs reprises la pose de l'enduit et la faire suivre du ponçage ainsi qu'il vient d'être dit. Quant à fixer le nombre de ces reprises, c'est chose à peu près impossible, car il dépend de la nature des peaux travaillées, il y a là une question de métier que l'expérience peut seule enseigner, et qui dépend du degré de perfection qu'on veut donner à l'ouvrage. Ainsi, les cuirs vernis pour chaussures, les plus soignés, exigeront un nombre de reprises plus considérable que les cuirs vernis pour capotes de voitures. L'apprêt se termine par une dernière passe, désignée sous le nom spécial de *mise en couleur*, qui consiste à coucher au pinceau plat dit *queue de morue*, quatre ou cinq couches successives d'huile d'apprêt, en remplaçant l'ocre ou la craie par du noir d'ivoire délayé à l'essence de térébenthine ou toute autre matière destinée à former un fond glacé coloré, car il est à peine nécessaire de dire qu'on peut obtenir des cuirs vernis de toute couleur, le mode de préparation étant d'ailleurs toujours le même. On fait sécher et on ponce encore une fois.

Le *vernissage*, qui termine la fabrication, consiste uniquement dans la pose de la couche de vernis, et du séchage qui l'accompagne. Ce séchage tient ici une place capitale, on comprend qu'il doive s'opérer à l'abri de la poussière ou de tout autre accident de nature à en rider la surface, bien qu'on le pratique à l'étuve à une température moyenne de 60°, il est rare qu'on puisse l'achever assez rapidement sans une exposition au soleil. Certains fabricants ont beaucoup perfectionné ce séchage, en se servant des séchoirs à courant d'air chaud. Quant à la composition du

vernis même, elle est assez difficile à donner exactement, chaque fabrique ayant la sienne propre et en faisant un secret. C'est une dissolution de substance résineuse dans de l'huile d'apprêt. Voici celle qui est généralement employée.

Huile d'apprêt.	10
Bitume	0.50
Vernis gras au copal.	5
Essence de térébenthine.	10

Quelques fabricants emploient de l'huile rendue siccative par le manganèse, d'autres suppriment le bitume. M. Wiederhold, de Cassel, a publié sur ce sujet une intéressante observation. Il recommande l'emploi d'un vernis spécial dit *vernis bleu* obtenu par la simple ébullition de l'huile de lin avec le bleu de Prusse. Cette cuisson pratiquée à la température de 35° environ, jusqu'à l'épaississement convenable de l'huile, est accompagnée d'un vif dégagement de gaz, et il a constaté qu'il se formait ainsi par la seule présence du bleu de Prusse, qui se retrouve en entier dans le résidu solide de la cuisson, une décomposition partielle de l'huile de lin, et la formation d'une substance analogue aux résines qui se dissout dans l'huile et constitue un vernis de qualité supérieure pour cet usage. Comme il est facile de régénérer le bleu de Prusse, l'opération n'est pas coûteuse. Il suffit pour cela de traiter le résidu par un poids égal de soude dissous dans dix fois son poids d'eau et de porter le tout à 70°, puis de filtrer. Le nouveau résidu est lavé à l'eau chaude à 80°, jusqu'à ce que le papier de tournesol rougi ne bleuisse plus, puis à le traiter par sept fois son poids d'acide chlorhydrique bouillant. Le nouveau résidu est lavé jusqu'à ce que le papier bleu de tournesol ne rougisse plus. On réunit toutes les liqueurs de lavage où le bleu de Prusse se reforme à l'état pur de lui-même; on l'isole sur un filtre.

Le vernissage des cuirs se fait sur la fleur ou sur la chair indifféremment, mais dans ce dernier cas l'apprêtage est précédé d'un encollage à la colle de peau.

La fabrication, dite anglaise, et également adoptée par un certain nombre d'usines françaises, se distingue par l'emploi des étuves dites *à tiroir*. Les peaux sont d'abord tendues sur des châssis recouverts d'une étoffe molle, et passées à l'apprêt et au vernis. Ces châssis sont introduits dans une série de coulisses disposées dans des étuves, à la façon des tiroirs d'une commode. L'on ne détache les cuirs du châssis qu'une fois la fabrication entièrement achevée.

Cuir bouilli. Cuir qu'on fait bouillir avec divers ingrédients, et dont on se sert dans l'industrie pour confectionner des casques, des petits ustensiles, tels que des boîtes, des bouteilles, des tabatières, ainsi que d'autres objets « façon Chine et Japon. »

— Dès les premiers temps du moyen âge, le cuir bouilli était déjà employé dans la fabrication des équipements et harnachements militaires. Les Comptes et Inventaires du XII^e^ au XVI^e^ siècle mentionnent le *cuir bouilli estampé*, le *cuir bouilli poinçonné*, c'est-à-dire travaillé au petit fer et décoré à froid par pression, puis enfin le *cuir bouilli, haché en manière d'enleveure*, c'est-à-dire taillé au canif et relevé en relief. Ces cuirs de travail différent servaient à décorer des objets d'art industriel, tels que les effigies funéraires, les coffrets, les écrins, les étuis, les hanaps ou vases à boire, ainsi que les boîtes à portraits dans le genre de celles du musée de Cluny (N^os^ 1308 à 1322), dont le cuir noir qui les recouvre est gaufré et doré à la fois.

Cuir d'ornement. *Cuir doré, gaufré et peint.* Ce cuir, employé autrefois dans l'ameublement, servait surtout à faire des tentures. Nos aïeux du moyen âge et de la Renaissance, plus amoureux du confortable qu'on n'est porté à le croire, remplaçaient en été, par des tentures de cuir, les tapisseries de laine réservées pour l'hiver. Le cuir était plus frais que la laine, plus résistant aux coups de soleil, et ne redoutait ni les vers ni la poussière. « Cuirs à estendre ès chambres en temps d'esté », dit un Inventaire des ducs de Bourgogne (1427).

L'usage de peindre, dorer, argenter et gaufrer le cuir, remonte au moins au XI^e^ siècle. D'après M. Henri Duveyrier, cité par M. Charles Davillier, l'industrie du cuir gaufré était déjà en pleine prospérité au XII^e^ siècle, dans la ville de Ghadâmès (Sahara). De là, cette industrie passa en Espagne, où le cuir doré reçut le nom de *guadamacil*.

On n'a aucune donnée positive sur l'origine de l'emploi de ce genre de décoration. Les uns, comme M. Paul Lacroix, pensent que l'on commença dès le règne de Louis IX à tapisser les appartements avec des peaux vernissées, gaufrées et dorées. Cette coutume aurait été empruntée aux Orientaux après les expéditions chevaleresques des croisades. D'autres, comme MM. Demmin et de Laborde, présument, au contraire, que l'emploi des cuirs gaufrés et peints a été importé par les Mores d'Espagne, à Cordoue, d'où le nom de *cordouan* donné à ces tentures.

Quoi qu'il en soit, les tentures de cuir peint et doré, désigné aussi sous le nom d'*or basané*, n'ont commencé à se répandre en France qu'à partir du XV^e^ siècle. Ces tentures, dans la fabrication desquelles on avait alors remplacé les anciens procédés par celui de l'estampage, étaient faites d'un cuir très fin, sur lequel se trouvaient, imprimés en relief ou peints, des personnages et des ornements rehaussés d'or. On en tapissait les appartements, en recouvrait les meubles, les lits, etc. Les rares spécimens qui nous restent de cette époque ressemblent, sur une grande échelle, aux miniatures des manuscrits ; la perspective y est fort sacrifiée, et le *ciel* est remplacé par un guillochis d'ornements en or et de couleur appliqué avec un fer à gaufrer. Les détails mêmes des figures, les ornements des costumes et des armes, ont été patiemment imprimés à la main et terminés ou complétés au pinceau.

La Renaissance donna une grande impulsion à l'industrie des cuirs dorés, dont la fabrication était alors très florissante à Cordoue. Après s'être montrées en Espagne, les tentures de cuir ne tardèrent pas à se généraliser en Portugal, en Italie, en France et dans le Brabant. Mais il en fut de cette industrie comme de tout ce qui se rattache aux arts. Les villes de Cordoue, Lille, Bruxelles, Liège, Anvers, Malines et Venise imprimèrent chacune à leurs produits un cachet particulier qui leur est propre, ce qui nous permet aujourd'hui de distinguer ce qu'on pourrait appeler les différentes écoles.

C'est sous le règne de Henri IV, comme nous l'apprend Mézeray, que furent organisées, à Paris, deux manufactures de cuirs dorés, dans les faubourgs Saint-Honoré et Saint-Jacques.

Les tentures de cuir doré, étincelantes de finesse, d'élégance et de grâce sous François I^er^, Henri II et ses fils, devinrent lourdes sous Henri IV, plus lourdes sous Louis XIII, et non moins lourdes, quoique pleines de

grandeur, sous Louis XIV. C'est au XVIIe siècle surtout que le goût de l'enluminure se donna libre carrière. Les cuirs de cette époque, en effet, présentent une grande richesse de coloris et de composition : animaux, fleurs, fruits, mascarons, tout concourt à plaire aux yeux et à attirer l'attention. Mais, entraînés par les caprices de la mode, les artistes ne tardèrent pas à exagérer ce genre d'ornementation, si bien que, dès le commencement du XVIIIe siècle, le goût n'étant plus le même, la fabrication se transforma. On sentait comme un besoin de produire du nouveau, et l'industrie du cuir gaufré, tout en jetant encore quelques éclats, tomba rapidement dans la décadence. Nous citerons, comme spécimen de cette époque, le devant d'autel en cuir doré, gaufré et peint, de l'église de Neuville, canton d'Argental (Corrèze).

On a vu que les cuirs dorés étaient anciennement destinés à orner les palais ou les maisons des riches particuliers. Cette décoration coûtait, en effet, excessivement cher et nécessitait un travail considérable. Non seulement les ornements que l'on figurait provenaient de l'estampage et du gaufrage, mais on les obtenait encore par la ciselure à main levée. Les ouvriers se servaient, pour cela, de divers poinçons ou ciselets qu'ils appelaient *fers* et qui portaient, gravées sur une de leurs extrémités, diverses figures, des fleurs, des rosaces et autres ornementations.

De La Quérière, dans ses *Recherches sur le cuir doré*, montre que ces mêmes procédés existaient encore sous le règne de Louis XV, mais perfectionnés et simplifiés. Ainsi, les tentures de cuir étaient faites de plusieurs peaux de veaux, de chèvres ou de moutons, qui semblaient dorées, et qui n'étaient cependant qu'argentées, relevées en bosse et cousues ensemble. Les meilleures peaux étaient celles de veau et de chèvre, soit qu'on destinât ces pièces à former des tentures de *cuir argenté*, ou qu'on voulût en faire des tentures de *cuir doré*, il fallait toujours commencer par les argenter en y appliquant des feuilles d'argent. Quand on voulait des *cuirs dorés*, on mettait un vernis qui donnait à l'argent une couleur approchant de celle de l'or. On posait ensuite les peaux sur une planche de bois gravée en creux et en relief, et, en faisant passer le tout sous une presse semblable à la presse des imprimeurs en taille-douce, on communiquait au cuir le dessin exécuté sur cette planche. Il y avait des tapisseries que l'on n'imprimait pas au moyen de la planche de bois, principalement les bordures, auxquelles on donnait des ornements en relief en les *ciselant* ; ce travail était beaucoup plus long et plus coûteux. Après cette manutention, on peignait les figures et les autres ornements, puis on cousait ensemble les différents morceaux.

Ce mode de fabrication existe encore de nos jours. Les matrices de bois qui doivent imprimer leur dessin sur le cuir ont été simplement remplacées par des matrices en cuivre, ce qui augmente la pureté des lignes tout en permettant un tirage plus rapide et plus considérable. Par suite de ces perfectionnements, le prix de revient du cuir doré s'est beaucoup abaissé. Il est surprenant que les gens de goût ne recherchent pas davantage ce mode de décoration non moins solide que brillant, et qui offre sur le papier peint, si bien décoré qu'il soit, des avantages incontestables.

M. Hourdequin est le premier, à Paris, qui se soit appliqué à la fabrication des cuirs dorés, puis Labouriaux, et enfin Dulud ont maintenu l'industrie des cuirs d'ornement au rang le plus honorable.

Cuir factice. On donne improprement cette dénomination à des déchets de cuir agglomérés, et réunis en plaques d'une épaisseur déterminée par les usages industriels auxquels on les destine. *Cuir aggloméré* serait donc plus juste puisque ce produit, imaginé par M. Roullier, n'est autre chose que l'utilisation des déchets de corroierie provenant du drayage des peaux tannées, fortement encollés et soumis à l'action d'une presse hydraulique. Ces plaques de cuir sont utilisées principalement par la cordonnerie. On donne encore ce nom à différents produits qui consistent en des mélanges de matières diverses fortement comprimées et recouvertes d'enduits spéciaux ; ces compositions se prêtent, par estampage, à toutes sortes de décorations.

I. **CUIRASSE.** *T. d'art mil.* La cuirasse est la seule arme défensive que l'on trouve encore en service dans les armées modernes, et encore les quelques puissances qui l'ont conservée, ne l'ont-elles laissée qu'à un petit nombre de régiments de grosse cavalerie, qui constituent, comme en France, par exemple, la cavalerie de réserve.

Les cuirasses, actuellement en service dans la cavalerie française, sont du modèle 1854 ou 1855; elles sont en acier fondu, tandis que celles des modèles antérieurs étaient en étoffe, formées de parties égales de bon fer et d'acier naturel. Elles se composent de deux parties échancrées près du cou et autour des bras : le *plastron*, tant soit peu bombé, qui présente une arête busquée en son milieu ; le *dos*, qui prend la forme des épaules et des reins et présente, au lieu d'une arête saillante, une arête rentrante. Ces deux pièces sont attachées sur les épaules par deux bretelles en buffle recouvertes d'une chaîne de cuivre ; une ceinture en cuir avec boucle les fixe autour du corps. Les bords du plastron et du dos sont relevés et forment gouttière, de façon à rejeter les balles qui glissent le long de la cuirasse et les empêcher d'atteindre les membres.

La cuirasse était primitivement rembourrée intérieurement à l'aide d'une matelassure maintenue par des crochets d'agrafe ; en 1860, on a enlevé ces crochets et remplacé la matelassure par un gilet rembourré, indépendant de la cuirasse.

Toutes les cuirasses sont fabriquées par la manufacture d'armes de Châtellerault ; les plaques de tôle d'acier sont découpées à l'emporte-pièce ; on leur donne leur forme bombée par l'étampage ; on les achève ensuite au marteau et à la lime, puis on les polit et les brunit à la meule et leur fait subir la trempe à l'huile. Les plastrons doivent être à l'épreuve des balles, tandis que les dos ne sont qu'à l'épreuve des armes tranchantes. L'épaisseur du dos, la même partout, est égale à un millimètre, celle du plastron, maximum près de l'arête, où elle est de 3 millimètres, va en diminuant jusque sur les flancs, où elle n'est que de 1 millimètre. Les dos ne sont soumis à aucune épreuve, on les ajuste seulement avec les plastrons. Pour éprouver les plastrons, on les partage en groupes de 100, et dans chaque groupe, on prend les 5 plus légers pour les soumettre au tir de 3 balles, tirées normalement à la distance de

80 mètres, avec le fusil modèle 1874. Si 3 de ces plastrons ont résisté, c'est-à-dire s'ils n'ont été traversés par aucune balle ou déchirés par l'une d'elles au plus, tout le groupe est reçu; dans le cas où les 3 premiers plastrons n'auraient pas résisté, on en reprend d'autres en choisissant toujours les plus légers, et on continue le tir jusqu'à ce qu'on en trouve 3 qui résistent, tous les autres qui restent dans le groupe sont alors reçus.

On fabrique actuellement des cuirasses de quatre tailles différentes, et dans chacune des trois plus grandes tailles, il existe quatre largeurs; pour la quatrième taille, il n'y a qu'une largeur unique. Le poids de la cuirasse, modèle 1855, complète, varie de 6 kilogrammes à 7^{k},280; les anciennes cuirasses de cuirassiers, modèle 1825, pesaient jusqu'à 8^{k},800, et celles de carabiniers, 10^{k},290. — V. Armure, Costume.

II. **CUIRASSE**. *T. de mar.* Enveloppe métallique destinée à protéger certains navires de guerre. — V. Cuirassement.

CUIRASSÉ. *T. de mar.* Ce mot s'emploie comme adjectif et comme substantif. On dit un navire cuirassé, un bâtiment cuirassé, un vaisseau, une frégate, une corvette, une canonnière cuirassés, etc.; également un *cuirassé* de 1er ou de 2^{e} rang, un *cuirassé* d'escadre, un *cuirassé* de station, etc. En général, un navire cuirassé est un navire de guerre, en fer ou en bois, de type quelconque d'ailleurs, mais toujours à hélice, qui a reçu une protection partielle ou totale contre les effets de l'artillerie, à l'aide de plaques de cuirasse en fer ou en acier. — V. Cuirassement.

La plupart des grandes puissances possèdent des *cuirassés d'escadre* ou de *haute mer*, destinés à naviguer de conserve, à constituer une armée navale capable d'affronter la haute mer et d'effectuer de sérieuses traversées. Le type est loin d'être défini; la plupart des escadres ne sont pas homogènes, mais bien constituées des éléments les plus divers.

Les premiers cuirassés à mâture et à cuirasses relativement peu épaisses sont mêlés aux cuirassés récents, généralement dépourvus de mâture et munis d'un petit nombre de gros canons, protégés partiellement par des cuirasses aussi épaisses que possible. Parmi les cuirassés à mâture, les plus récents, nous citerons le *Redoutable* et la *Dévastation*, en France, dont la cuirasse atteint 35 centimètres; ils portent des canons de 27 ou de 34 centimètres, et ont réalisé aux essais une vitesse maximum de 14 nœuds 5 et 15 nœuds. Leur artillerie est en partie renfermée dans un *réduit* ou *fort central* cuirassé, en partie sur le pont des gaillards (fig. 686 et 687).

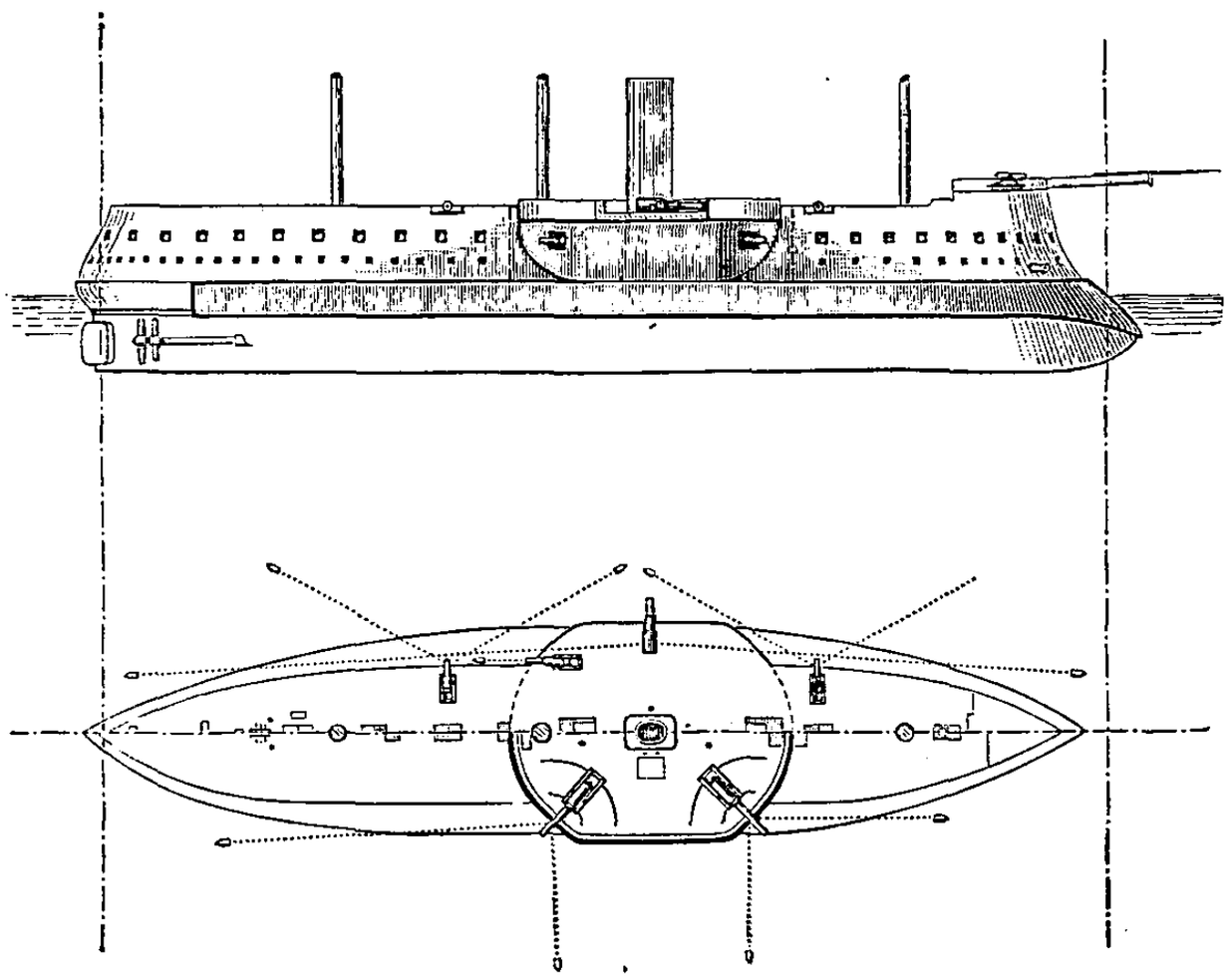


Fig. 686 et 687. — Dévastation, *cuirassé français*.

1 Vue longitudinale. — 2 Disposition de l'artillerie : plan des gaillards ; plan de la batterie.

Dans ces dernières années, on semble renoncer à renfermer la grosse artillerie dans des réduits et l'on dispose les gros canons en petit nombre dans des tourelles blindées, placées sur le pont même et pouvant battre une grande partie de l'horizon. On se contente de munir la batterie d'un grand nombre de petites pièces (14 centimètres) destinées surtout à mitrailler les torpilleurs ou bâtiments légers et rapides portant des torpilles.

On doit donc établir une distinction bien tranchée entre les cuirassés à *réduit* et les cuirassés *sans réduit*; ceux-ci ne portent de canons que sur le pont des gaillards.

Les canons placés sur le pont peuvent être renfermés dans des *tours mobiles*, mais closes, recouvertes d'épaisses plaques de blindage et protégeant les affûts et mécanismes de la pièce, ainsi que le personnel appelé à la servir; ou bien on les dispose sur des tourelles fixes dites *barbettes*, dont la cuirasse ne protège que la partie inférieure des

mécanismes. La pièce de canon peut tourner dans tous les sens au-dessus du bord de la tourelle et battre ainsi l'horizon, mais la protection des servants et des organes de manœuvre est à peu près complètement sacrifiée à la simplicité et à la légèreté de l'installation. La plupart des grands cuirassés actuellement à flot ou en chantier reçoivent des canons de grandes dimensions, placés dans les tourelles barbettes; la manœuvre des châssis et affûts, la rotation de la pièce pour le pointage en direction, le pointage en hauteur et même le chargement sont obtenus à l'aide d'appareils hydrauliques fort ingénieux, dus à Armstrong, en Angleterre; à Farcot, en France, et qu'un personnel très restreint suffit à manœuvrer.

La mâture semble abandonnée dans les der-

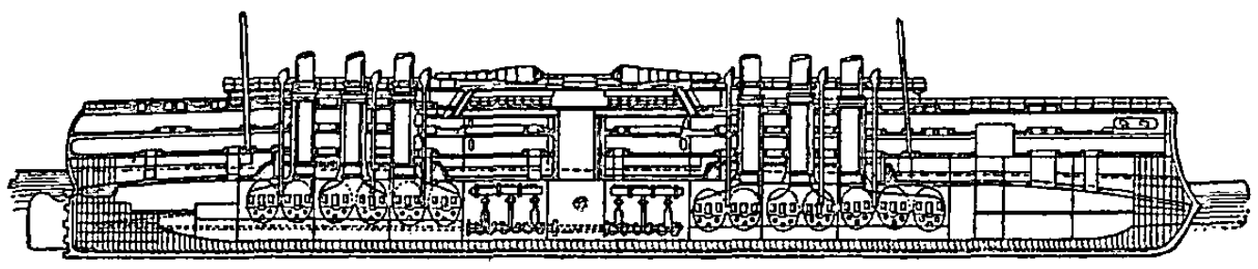


Fig. 688. — Italia, *Cuirassé italien.*
Coupe longitudinale.

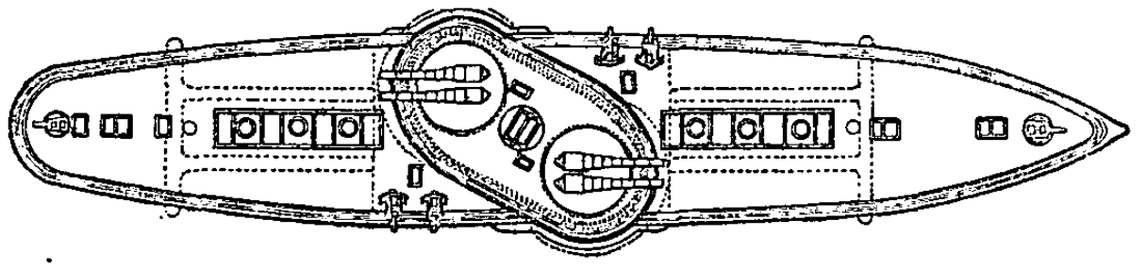


Fig. 689. — Italia, *cuirassé italien.*
Pont des gaillards.

niers types de cuirassés; on se borne à les munir de un ou deux mâts en tôle terminés, à leur partie supérieure, par une petite plate-forme armée de canons-revolvers ou de mitrailleuses.

Le navire est subdivisé en un grand nombre de compartiments étanches destinés à assurer sa flottabilité en cas d'abordage ou d'échouage. Pour faciliter cette subdivision et en même temps diminuer les chances de paralysie complète du propulseur, on emploie presque toujours deux hélices indépendantes, possédant chacune un appareil moteur et évaporatoire complet. Chaque

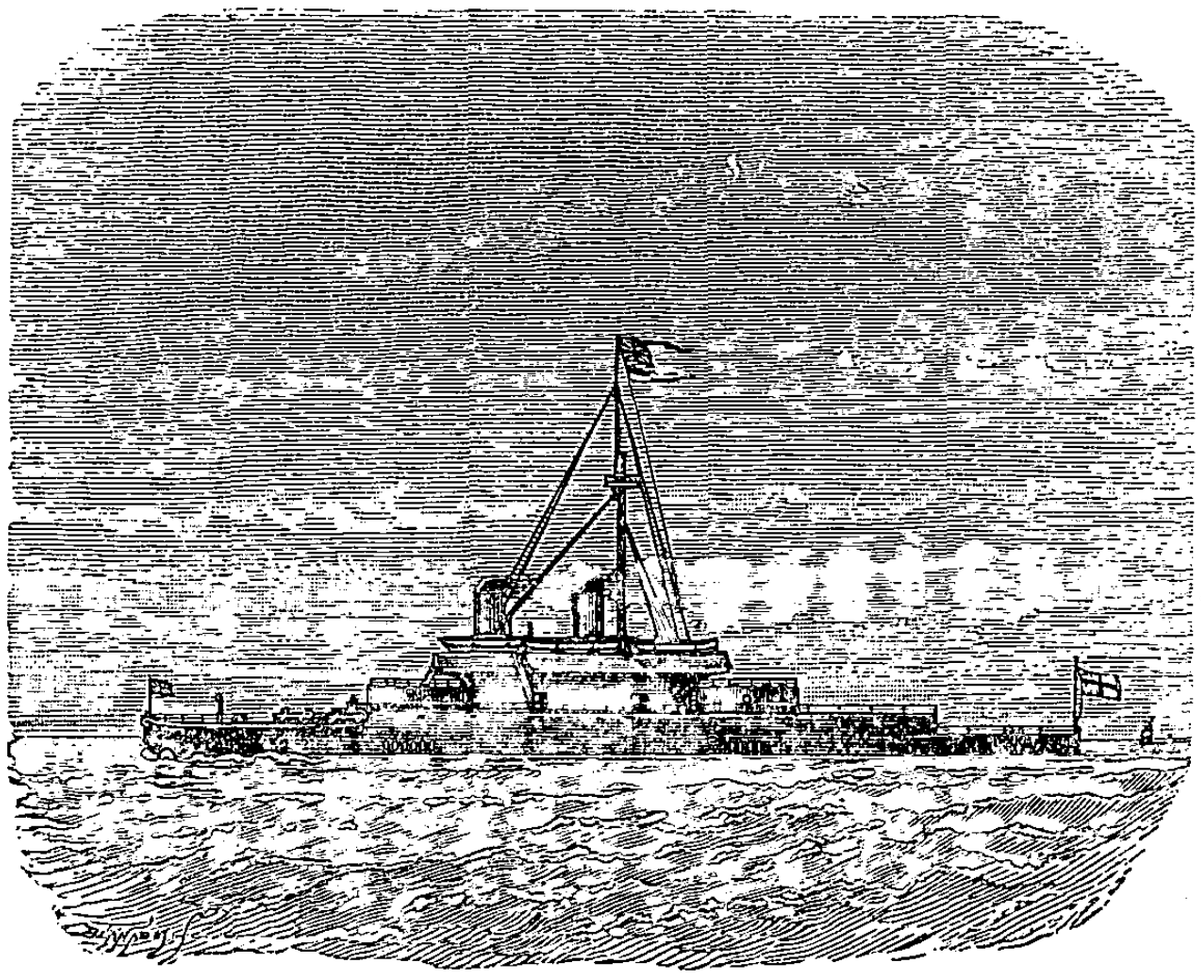


Fig. 690. — Dévastation, *cuirassé anglais sans mature.*

bâtiment possède de nombreux appareils à vapeur auxiliaires destinés à la manœuvre des ancres, du gouvernail, à l'épuisement des compartiments de la cale, etc.

Nous donnons ci-dessus (fig. 688 et 689) une coupe et un plan du plus grand cuirassé actuellement à flot, l'*Italia*, appartenant à l'Italie. Son déplacement doit atteindre 13,825 tonneaux; sa longueur est de 122 mètres, sa largeur 22^{m},48, et son tirant d'eau au milieu 8^{m},40. Le cuirassement est partiel et constitué par des plaques dont l'épaisseur atteint 75 centimètres en certains points. L'artillerie doit

se composer de 4 canons de 100 tonneaux, placés sur deux plates-formes, suivant la diagonale d'un réduit barbette cuirassé à 48 centimètres ; de 18 canons de 152 millimètres. L'appareil moteur se compose de 3 machines de 4,500 chevaux du genre Compound à trois cylindres ; la vapeur sera fournie par 26 corps de chaudières cylindriques à 3 foyers. La vitesse prévue est de 17 nœuds. Les canons de 100 tonnes lancent des projectiles en acier comprimé de 956 kilogrammes, avec une vitesse initiale de 510 mètres.

A côté des cuirassés de haut bord, avec ou sans mâture, avec ou sans réduit, on rencontre, dans les diverses escadres, un certain nombre de bâtiments armés et protégés, mais très ras sur l'eau, et que l'on destinait, dans le principe, au rôle de *gardes-côtes*.

Le type de ces bâtiments est la *Dévastation* anglaise (fig. 690), qui a été reproduite dans plusieurs autres marines ; en Russie, c'est le *Pierre-le-Grand ;* en France, le *Tonnerre*. Dans ces bâtiments, appelés souvent *gardes-côtes* ou *monitors*, les canons, en petit nombre, mais du plus fort calibre, sont renfermés dans des tours mobiles ou placés en barbette dans des tourelles fixes. Le pont est cuirassé et peu élevé sur l'eau ; au milieu s'élève une superstructure, de construction légère, destinée à recevoir des logements et dont la plate-forme supérieure constitue un pont de manœuvre à l'abri des embruns ; le pont proprement dit étant inhabitable à la mer.

On appelle *cuirassés de station* des cuirassés à mâture, avec ou sans réduit, destinés à croiser dans les mers lointaines et, par suite, construits et aménagés de manière à pouvoir affronter tous les temps, à s'aider de leur voilure, au besoin à naviguer à la voile et possédant un approvisionnement de charbon leur permettant d'effectuer de longues traversées. Ce rôle était dévolu, au début, aux corvettes cuirassées *Belliqueuse, Alma,* etc. Aujourd'hui, cette dénomination s'applique au type Bayard.

* **CUIRASSEMENT DES NAVIRES.** *T. de mar.* Action de protéger la muraille des navires de guerre au moyen de plaques métalliques, dont l'ensemble constitue la *cuirasse* ou le *blindage* du navire, ces deux mots étant pris, dans ce sens, comme synonymes l'un de l'autre. Les bâtiments ainsi protégés sont dits *navires cuirassés* ou *blindés*, ou simplement *cuirassés* — V. ce mot.

— L'idée de recouvrir d'une armure les murailles de navires, en vue de leur assurer contre les attaques de l'artillerie une résistance que ne leur donne pas la constitution propre de leurs murailles, est presque aussi ancienne que les premières luttes sur mer. Comme principaux essais de cuirassement, on peut citer la caraque blindée en plomb des chevaliers de Saint-Jean-de-Jérusalem, qui faisait partie de l'escadre commandée par André Doria, en 1530, et les batteries flottantes, construites en 1782 par le chevalier d'Arçon, en vue du siège de Gibraltar, dont les bordages étaient renforcés par des barres de fer, du liège et du cuir. Mais c'est à notre époque, et à la France en particulier, que revient l'honneur d'avoir réalisé d'une façon pratique l'idée du cuirassement des navires ; le premier projet de navire cuirassé est dû à Dupuy de Lôme, qui le présenta en 1845 ; mais ce n'est qu'en 1854, sous l'empire des nécessités militaires créées par la guerre de Crimée que, après quelques expériences préliminaires faites à Vincennes sur la résistance des plaques métalliques, l'empereur fit construire trois batteries flottantes cuirassées qui, l'année suivante, effectuèrent avec succès le bombardement de la forteresse russe de Kinburn. Encouragée par cette réussite, la marine française mit en chantier, en 1858, dans le port de Toulon, sa première frégate cuirassée *la Gloire* qui, à l'invulnérabilité des batteries flottantes, devait joindre des qualités nautiques remarquables.

Depuis lors, toutes les autres marines étrangères, et à leur tête la marine anglaise, ont imité la France ; de là est née bientôt la lutte entre l'artillerie et les murailles cuirassées, lutte ardente et passionnée, dans laquelle l'avantage a appartenu tour à tour à la cuirasse et au canon. A chacune des diverses étapes de cette rivalité, on a pu croire qu'on avait atteint la limite du possible, soit comme épaisseur des plaques, soit comme poids de la bouche à feu et de son projectile, et cependant chaque fois cette limite s'est trouvée reculée. Il n'en est pas moins certain que plus les dimensions et le poids des cuirasses augmentent, plus elles nuisent aux qualités essentielles du navire, à sa mobilité notamment, et plus, par suite, on approche d'une limite qu'on ne pourra plus dépasser que difficilement, même en réduisant de plus en plus, comme on le fait déjà, l'étendue des surfaces cuirassées et en se bornant à ne protéger le navire que dans ses parties vitales. L'artillerie, au contraire, a devant elle son champ de progrès pour ainsi dire indéfini ; quelle que soit la plaque qu'on lui opposera, elle pourra faire un canon qui la réduira en pièces, si bien qu'on peut affirmer avec certitude que le dernier mot restera toujours à l'engin destructeur.

Dans cette lutte, chaque marine, obligée de transformer sans cesse aussi bien son artillerie que ses constructions navales, le plus souvent même avant d'avoir eu l'occasion de s'en servir, a déjà enfoui bien des millions, réduite le plus souvent à établir ses constructions nouvelles en se basant uniquement sur les résultats obtenus dans des essais que l'on est obligé de restreindre le plus possible, parce que eux-mêmes coûtent fort cher. Mais toutes ces dépenses ne sont pas restées improductives, car jamais lutte de ce genre n'a été plus profitable à l'industrie, particulièrement à l'industrie métallurgique, qui, mise en demeure de fournir des plaques de blindage de plus en plus résistantes, des bouches à feu et des projectiles de plus en plus puissants, a réalisé, dans l'espace de quelques années, d'immenses progrès qui tiennent pour ainsi dire du prodige.

La fabrication des plaques de cuirasse a présenté, dès les débuts, les plus grandes difficultés et ce n'est qu'au prix d'efforts persévérants et coûteux que l'on est parvenu au degré réellement remarquable de résistance que l'on réalise actuellement. En France, les usines qui ont le plus contribué à perfectionner cette fabrication sont celles de Petin et Gaudet (aujourd'hui forges de Saint-Chamond), de Marrel frères, du Creusot et l'établissement national des forges de la Chaussade, dans la Nièvre.

Les premières plaques fabriquées en 1854, pour les batteries flottantes, n'avaient que 11 centimètres d'épaisseur; leur fabrication laissait encore beaucoup à désirer. La cuirasse de *la Gloire* avait 12 centimètres et déjà, à cette époque, la fabrication s'était bien perfectionnée. En 1865, l'épaisseur des plaques dut être, par suite des progrès réalisés par l'artillerie, portée à 15 centimètres; en 1869, à 20 centimètres, puis à 22 centimètres; en 1872, elle avait atteint 30 centimètres à 30c,5; quatre ans après, elle était portée à 48 centimètres, et sur les derniers cuirassés que l'on vient de mettre à flot ou qui sont encore en construction, elle atteint et dépasse même 55 centimètres.

Toutes ces plaques en fer forgé, quelle que soit leur épaisseur, sont composées de barres de fer plat, soudées à chaud au laminoir, trempées et recuites. La forme, exigée d'après la position qu'elles doivent occuper sur le navire, leur est donnée avec un marteau-pilon et des enclumes qui présentent la forme à réaliser; on peut aussi obtenir la courbure à froid, au moyen de la presse hydraulique, mais cette opération fatigue beaucoup trop le nerf du métal.

Les premières plaques fabriquées en France étaient soudées au marteau-pilon; c'est vers 1866 seulement que les forges de la Chaussade se servirent du laminoir, déjà en usage depuis longtemps en Angleterre; ce procédé, beaucoup plus économique, donne de bien meilleurs résultats et permet d'obtenir des produits sensiblement identiques, ce qui n'était pas possible avec le marteau-pilon.

Aux Etats-Unis d'Amérique, on avait eu recours, tout d'abord, à l'emploi de cuirasses en lames de fer composées d'un assez grand nombre de plaques minces en tôle, boulonnées ou rivetées ensemble, de manière à former un bouclier d'une certaine épaisseur. Ce procédé, auquel on n'avait eu recours que parce qu'alors l'industrie du pays était incapable de fournir des plaques massives, présentait l'avantage de permettre l'emploi de feuilles de tôle mince d'une très grande surface, tandis que des plaques épaisses ont naturellement une surface plus limitée et présentent, par suite, beaucoup de joints, qui constituent autant de parties faibles; mais comme ce système de revêtement offrait beaucoup moins de résistance aux projectiles que le cuirassement avec des plaques massives, on y avait renoncé.

En 1867, par suite du prix de revient élevé et de la difficulté de fabrication des plaques de grande épaisseur, la question du dédoublement des plaques fut reprise en Angleterre. Seulement, au lieu de feuilles minces, on se contenta d'accoler 2 ou 3 plaques au plus d'une certaine épaisseur. Mais, par suite de l'impossibilité presque absolue d'appliquer exactement ces plaques les unes sur les autres, on fut amené à interposer entre chacune d'elles un matelas en bois. Avec ce système de cuirassement, que l'on désigne en Angleterre sous le nom de *Sandwich*, on a pu atteindre une épaisseur totale de métal de 610 millimètres, et s'il reste avéré qu'une plaque simple résiste mieux qu'une plaque composée de plusieurs couches à l'effet d'un coup isolé, en revanche cette dernière paraît mieux résister à des coups répétés. En effet, dans les plaques de grande épaisseur, faites pour résister au choc de gros projectiles animés d'une force vive considérable, il est très difficile de faire absorber l'effort du choc par la masse du métal malléable, et il se produit une traction violente sur les boulons d'attache voisins du point d'impart; il en résulte que, lorsqu'on augmente l'épaisseur des plaques, le pouvoir résistant de la cuirasse ne reçoit qu'un accroissement relativement faible, tandis que la fatigue du boulon, dans le choc, reçoit au contraire un accroissement relativement considérable; les cuirasses dédoublées ont eu pour effet de remédier en partie à cet inconvénient. Enfin, dans le tir à obus, il y a des chances pour que le projectile éclate en traversant la première plaque et que les éclats soient arrêtés par la seconde.

Jusque dans ces dernières années, le fer forgé a été le seul métal employé pour la fabrication des cuirasses simples ou du système Sandwich; dans les premières expériences de tir contre des plaques, on avait trouvé que les fers les plus ductiles étaient ceux qui convenaient le mieux pour assurer la résistance des cuirasses au choc des projectiles; mais l'emploi, pour la fabrication des nouveaux projectiles de rupture, de métaux aussi durs que l'acier et la fonte dure, a fait ressortir les défauts de ces plaques en fer doux, qui, dans ces conditions, donnent une pénétration trop profonde.

A plusieurs reprises on avait tenté, en Angleterre, d'utiliser l'acier pour la fabrication des plaques de blindage; mais chaque fois l'expérience avait montré que, si les plaques en acier résistaient bien à la perforation, en revanche elles ne résistaient pas au choc, se fendaient et tombaient en morceaux. Pour la première fois, les expériences faites en Italie à la Spezzia, en 1876 puis en 1882, ont permis de constater les remarquables qualités de résistance des plaques en fer aciéreux ou métal Schneider, fabriquées par un procédé spécial à l'usine du Creusot, qui ont été adoptées par les marines italienne et française pour le cuirassement de quelques-uns de leurs principaux cuirassés. De même, les forges de St-Chamond fabriquent actuellement leurs plaques de blindage en acier corroyé soudé; l'assemblage formé de mises corroyées est moins cassant qu'un bloc provenant d'un seul lingot d'acier fondu forgé, tout en ayant à peu près la même dureté.

En Angleterre, on a essayé également des plaques en acier, notamment celles en acier comprimé Whitworth, qui ont montré une très grande résistance à la pénétration, mais on s'occupe surtout, en ce pays, depuis 1877, de l'étude de plaques mixtes dites *compound* ou *composites* dans lesquelles le fer forgé est recouvert d'une couche d'acier. Les deux métaux doivent se prêter mutuellement appui: l'acier a pour but d'empêcher la pénétration et de déterminer la rupture du projectile au choc; le fer arrête l'extension des fissures, les déchirements se trouvent ainsi loca-

lisés dans la partie en acier. Les procédés de fabrication de ces plaques composites ont subi, depuis les premiers essais, de nombreux perfectionnements et actuellement on emploie les procédés suivants.

Dans les usines de MM. Cammel, à Sheffield, on emploie le procédé Wilson, qui consiste à porter au blanc soudant une plaque en fer forgé qu'on a préalablement laminée; on relève au marteau les bords sur tout le pourtour de manière à lui donner la forme d'un moule largement ouvert à la partie supérieure, la plaque étant disposée verticalement ; puis on verse l'acier dans le moule ainsi formé. On attend que la masse soit suffisamment refroidie et on la lamine de nouveau, de façon à réduire son épaisseur d'une quantité considérable.

Dans le procédé Ellis, en usage à l'usine Brown, également de Sheffield, on commence par laminer et forger une plaque d'acier de 1 pouce environ d'épaisseur qu'on soude ensuite à une plaque de fer, en versant entre les deux de l'acier fondu.

Les derniers cuirassés. construits en Angleterre et en France, ont reçu des plaques fabriquées par l'un ou l'autre de ces procédés. Le principal reproche que les partisans des plaques en acier adressent aux plaques composites, c'est que la soudure des deux plaques ne peut se faire qu'à une température très élevée qui a pour effet, soit de dénaturer l'acier en le décarburant, soit de le faire passer à l'état cristallin et, par suite, de le placer dans de mauvaises conditions de résistance. Malgré cela, d'après les expériences les plus récentes, on admet actuellement en Angleterre qu'une plaque composite de 240^{m},5 d'épaisseur est équivalente à une plaque en fer forgé de 280 millimètres.

Au point de vue de la résistance et de l'efficacité du blindage, il y aurait intérêt à employer des plaques de grandes dimensions, de façon à diminuer les joints qui sont toujours des points faibles. Les difficultés de fabrication, d'une part, et celles de la mise en place, d'autre part, ont obligé de réduire ces dimensions de plus en plus, de façon à ne pas dépasser le poids de 25 à 30 tonnes; sur les navires actuellement existants les dimensions moyennes des plaques sont en général, 1 mètre de largeur et 4 de longueur, les dimensions maxima 1^{m},40 et 6^{m},50.

La largeur des plaques est déterminée généralement par la considération que la hauteur de la ceinture cuirassée à la flottaison soit telle que la carène soit à l'abri des coups, le navire étant droit. Mais les mouvements de roulis, la dénivellation des lames, la bande que prend tout navire, même par calme plat, lorsqu'il tourne un peu court, rendent le plus souvent cette considération illusoire.

La nécessité de mettre la carène à l'abri des réactions des chocs contre les plaques et d'offrir en outre à celles-ci un appui élastique suffisant pour qu'elles puissent déployer toute leur résistance, oblige, aussi bien avec les navires de nouvelle construction en fer qu'avec les navires en bois, à appuyer la cuirasse sur un *matelas* en bois de chêne ou mieux de teak, cette dernière essence présentant l'avantage de ne pas être attaquée par le fer. Tout d'abord on a eu une tendance à donner à ce matelas une épaisseur de plus en plus grande, jusqu'à 65 centimètres, dans le but d'augmenter la résistance de la cuirasse ; puis, partant de cette considération que toute augmentation d'épaisseur du matelas entraînait un accroissement de poids qui, dans les navires en fer en particulier, n'entrait en rien dans la résistance de la coque et devait être mieux employé dans un accroissement de l'épaisseur de la cuirasse elle-même, on a cherché à lui donner une épaisseur minimum de 25 à 30 centimètres, juste suffisante pour l'élasticité. Mais le matelas remplit encore un autre rôle fort important qui est d'aveugler les voies d'eau. Or, l'expérience a montré que, avec un matelas épais, les trous se referment presque toujours, les fibres du bois se rejoignant après le passage du projectile, tandis que, dans le cas contraire, ils restent débouchés, d'où résulte la nécessité de ne pas diminuer l'épaisseur du matelas au-dessous d'une limite assez élevée. Le matelas est quelquefois garni de parties métalliques appelées *stringers* et composées de pièces de tôle, de bouts de cornières qui sont destinés à renforcer le matelas, mais présentent l'inconvénient de détruire en partie son élasticité et d'augmenter les difficultés d'obturation.

Afin d'augmenter la résistance des massifs, et surtout pour obvier aux dangers des explosions en empêchant toute projection d'éclats ou de débris de bois, on garnit presque toujours intérieurement la muraille du navire d'un bordé en tôle d'acier.

Les figures 691 à 693 représentent les coupes

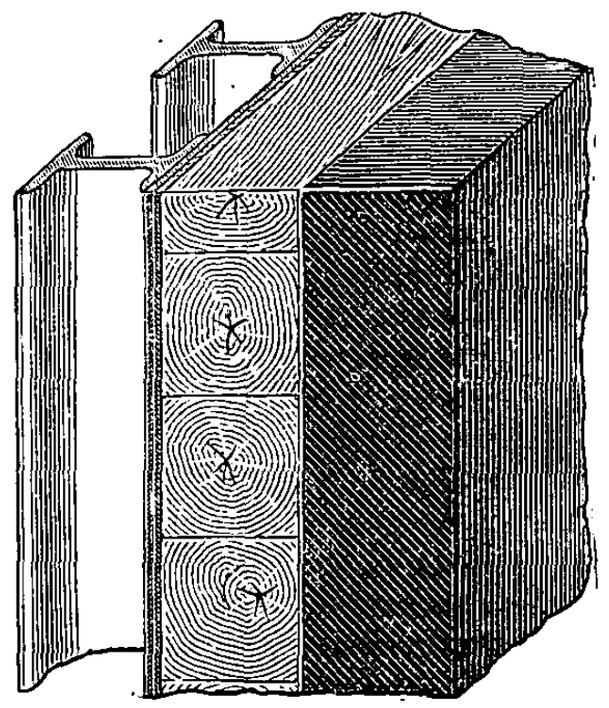


Fig. 691. — *Cuirasse de la* Devastation *(française).*
Épaisseur à la flottaison : plaque 380 mill., matelas 320 mill., tôle intérieure 36 mill.

de cuirasses, appartenant à trois types de navires, classés parmi les plus puissants cuirassés actuellement à flot.

Les premières plaques de cuirasse étaient reliées à la muraille du bâtiment à l'aide de boulons à écrous, ceux-ci serrés de l'intérieur ; cette disposition avait pour but de faciliter la mise en place des plaques et leur démontage en cas de réparations. Mais bientôt les expériences d'artillerie

vinrent démontrer que ce mode de fixation était vicieux, parce que les écrous jouaient le rôle de mitraille dans la batterie lorsqu'un boulet venait à rencontrer une plaque. On remplaça en France ces boulons à écrous par des vis à bois à tête tronconique, logées dans une portion de l'épais-

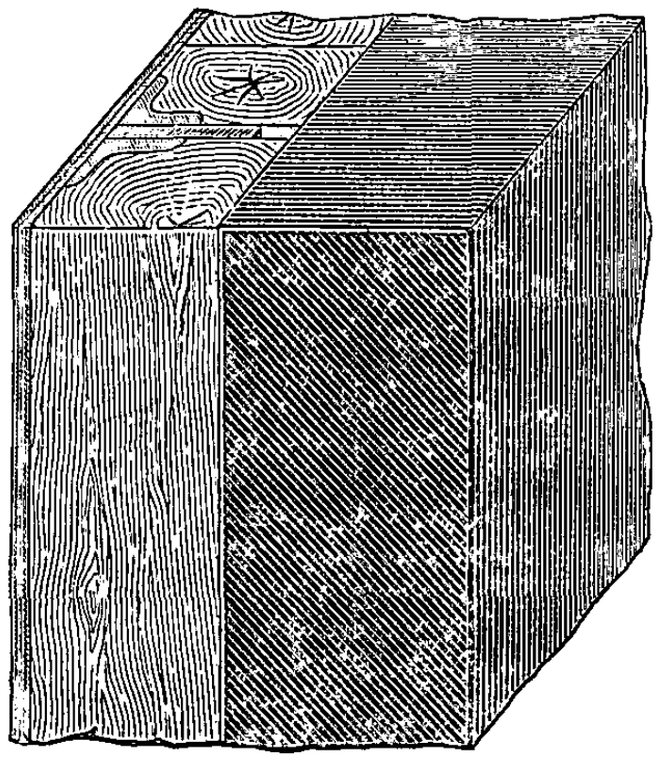


Fig. 692. — *Cuirasse du* Dandolo *(italien).*

Épaisseur à la flottaison : plaque 550 mill., matelas 450 mill., tôle intérieure 38 mill.

seur de la plaque. Sur les nouveaux bâtiments en fer, de type récent, au lieu d'employer des plaques de petites dimensions, fixées par un grand nombre de vis à bois, on choisit de préférence des plaques de surface aussi grande que possible, que l'on fixe contre la muraille au moyen de très forts boulons peu nombreux. La tête de ces boulons est aussi

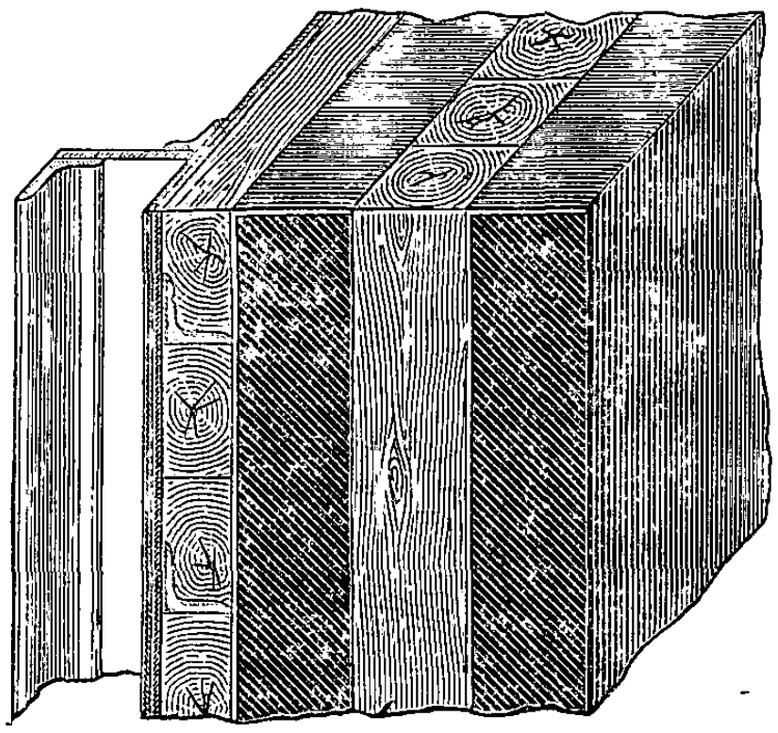


Fig. 693. — *Cuirasse de l'*Inflexible *(anglais).*

Epaisseur à la flottaison : 1re plaque 305 mill., 1er matelas 275 mill.; 2e plaque 305 mill., 2e matelas 152 mill.; tôle intérieure 38 mill.

tronconique; le boulon traverse la plaque, le matelas et la muraille, et à l'intérieur de celle-ci, il est muni d'un écrou qui repose sur une cuvette dans laquelle est ajustée une rondelle creuse, portant dans sa gorge une bague de caoutchouc. Les plaques, tout en étant solidement maintenues, jouissent ainsi d'une certaine élasticité qui a pour but de prévenir la rupture des boulons.

L'augmentation des épaisseurs de cuirasses a conduit à restreindre de plus en plus sur les nouveaux modèles de cuirassés les parties protégées. Au début la protection était à peu près complète et formée par une ceinture cuirassée continue, faisant tout le tour de la flottaison. Les batteries étaient également protégées sur toute la longueur du navire. On dut se résoudre, dans la suite, à restreindre la protection, en se bornant à une ceinture complète à la flottaison, et à une muraille n'entourant que le réduit central dans lequel étaient placés en batterie des canons du plus gros calibre en petit nombre, les plaques n'ayant, le plus souvent, leur épaisseur maximum que sur une partie très réduite de la muraille. Dans ces dernières années, on a été encore plus loin dans la voie du décuirassement et on se borne généralement aujourd'hui à cuirasser seulement certaines parties de la flottaison et les organes essentiels destinés, soit au service de l'artillerie telles que les tourelles, soit à celui de la machine, des chaudières, etc. Enfin, dans l'*Italia* (fig. 688 et 689), le plus grand navire de la flotte italienne actuellement en construction, la protection de la flottaison elle-même est obtenue sans plaques de cuirasse, par le système de la construction de la muraille du navire. En résumé, en présence des résultats de plus en plus surprenants obtenus dans les polygones, avec des canons monstres de plus en plus puissants, l'idée, tant de fois discutée, du décuirassement sinon total, du moins partiel, semble faire de plus en plus de chemin. Beaucoup d'esprits sérieux se demandent, en effet, s'il ne vaut pas mieux supprimer tout blindage, que d'en conserver un qui, tout en n'étant pas complètement efficace, nuit beaucoup aux qualités nautiques du navire.

Malgré la réduction des surfaces protégées le poids total d'une cuirasse complète est très considérable. Ainsi sur un bâtiment comme le *Redoutable*, dernier type de navire à réduit central cuirassé, construit en France et lancé en 1876, ce poids atteint 2,500 tonneaux pour une épaisseur de plaques, comprise entre 24 et 35 centimètres et le prix en place s'élève à plus de 3,000,000 de francs.

Les cuirasses en fer placées sur les navires en bois, dont la carène reçoit un doublage en cuivre, sont exposées à une usure rapide; aussi s'est-on efforcé, dès le début, de les protéger. Les dépôts galvaniques de cuivre n'ont pas donné de résultats satisfaisants; aujourd'hui on les recouvre d'un soufflage en bois sur lequel on fixe un second doublage en cuivre. Sur les navires en fer, la cuirasse se trouve dans les mêmes conditions que le reste de la carène et reçoit les mêmes peintures et enduits.

Sur les premiers cuirassés on s'était peu préoccupé de mettre le navire à l'abri des feux plongeants et des feux rasants; aujourd'hui on recouvre les ponts d'un blindage qui atteint 6 à 8 centimètres, avec un matelas en bois de 10 à 15 centimètres d'épaisseur.

Les nombreuses expériences qui ont été poursuivies, à peu près sans interruption, depuis l'année 1860, en France à Gavre, en Angleterre à

Shœburiness et à Portsmouth, en Russie, en Italie à la Spezzia et en Allemagne à l'usine Krupp, ont permis d'établir certaines formules théoriques relatives à la pénétration des projectiles dans les plaques de cuirasses, soit isolées, soit appuyées à un matelas en bois. Si l'on désigne par p le poids du projectile en kilogrammes, e l'épaisseur de la plaque et a le diamètre du projectile en décimètres, w la vitesse en mètres nécessaire au passage du projectile à travers la plaque, on a approximativement :

$$w = C\sqrt{\frac{a}{p}}\, e^{\frac{2}{3}}$$

C étant une constante qui dépend des progrès réalisés dans la fabrication des plaques et dans celle des projectiles. Dans les conditions actuelles, la formule est suffisamment approchée avec C = 1440 dans le cas d'une plaque en fer forgé isolée, maintenue seulement par ses extrémités.

Pour une plaque en fer forgé appuyée à un matelas en chêne, la formule devient pour les expériences antérieures à 1864 :

$$w^2 = 2755600\,\frac{a}{p}\, e^{\frac{4}{3}}$$

et pour les expériences actuelles :

$$w^2 = 1600\,\frac{a}{p}\, e^{0,7}$$

Lorsqu'il s'agit de plaques superposées, la valeur e, qui entre dans la formule, ne doit être prise égale qu'à 0,898 E, E étant égale à la somme des épaisseurs des différentes plaques.

Dans les formules ci-dessus, le projectile est supposé arriver normalement sur la plaque, mais dans les conditions ordinaires du combat, un projectile viendra bien rarement frapper une plaque perpendiculairement à sa surface ; en désignant par i l'angle que fait avec la normale à la plaque la direction suivie par le projectile et supposant que cet angle ne dépasse pas 25°, on n'a qu'à remplacer dans la formule w par $v \cos i$, v étant la nouvelle vitesse nécessaire au passage du projectile à travers la plaque. Remarquons en passant que si dans le tir oblique la pénétration est moindre que dans le tir normal, la vitesse du projectile à l'arrivée étant la même dans les deux cas, en revanche, les effets produits sont en général plus considérables. Les plaques, ébranlées par le tir oblique, se déplacent de quelques millimètres, suivant la direction du tir et les vis sont plus ou moins disloquées, quelquefois même brisées.

On prend généralement comme mesure de la puissance de perforation des projectiles, la *force vive par centimètre de circonférence du projectile*, nécessaire pour que ce dernier traverse une muraille d'épaisseur e, et l'on a appelé cette grandeur *travail spécial du choc*.

* **CUIRASSEMENT DES OUVRAGES DE FORTIFICATION.** *T. de fort.* Les armures en fer employées d'abord pour couvrir les hommes et les chevaux ont dû disparaître devant le progrès des armes à feu, puis elles ont reparu pour couvrir complètement les vaisseaux de guerre et leur ont assuré pendant un court moment une invulnérabilité relative. Mais, tandis que devant les progrès incessants de l'artillerie, on était obligé de restreindre de plus en plus leur emploi sur les vaisseaux, et se borner à y avoir recours pour protéger uniquement les œuvres vives du navire, elles ont trouvé un emploi nouveau, dans le revêtement des ouvrages de fortification, et là du moins le poids et l'épaisseur des plaques ne sont plus limitées que par les difficultés de fabrication.

Mais en revanche, ces ouvrages cuirassés étant exposés, par suite de la plus grande précision du tir à terre, à recevoir sur un seul de leurs éléments un grand nombre de coups, la résistance du massif cuirassé doit être très supérieure à celle qui serait nécessaire pour empêcher sa perforation par le projectile du plus fort calibre qu'on puisse employer contre lui.

Les Anglais, les premiers, se sont préoccupés d'appliquer aux ouvrages de fortification de terre le système de cuirassements métalliques qui avait réussi avec tant de succès pour les navires. Tout d'abord, ils se contentèrent de fermer le devant des casemates en maçonnerie de leurs batteries de côte par des boucliers métalliques dont le premier type, connu sous le nom de bouclier de Gibraltar, se composait de plaques en fer forgé appuyées à des arcs-boutants en tôle ou à des caisses en tôle épaisse remplies de béton. Ce système a été appliqué par eux, de 1860 à 1868, à la plupart des ouvrages destinés à la défense de Gibraltar, de Malte et des autres colonies.

Plus tard, lorsqu'il fut question, vers 1868, de cuirasser les forts de Portsmouth, puis ceux de Plymouth, les Anglais reconnurent la nécessité de recourir à l'emploi de cuirasses aussi résistantes, que celles adoptées alors pour les navires. Mais il était difficile de résoudre le problème de l'applicage du fer contre la pierre, les plaques métalliques répercutant les coups qu'elles recevaient et désorganisant toutes les maçonneries avec lesquelles elles étaient en contact. On eut alors recours comme sur les vaisseaux à l'emploi d'un matelas élastique en bois ; depuis lors les nouvelles expériences qui ont été faites ont montré que dans les ouvrages cuirassés établis à terre, il y avait avantage, au point de vue de l'économie et de l'incorruptibilité, à remplacer le matelas en bois par du sable bien bourré placé entre la plaque et un appui rigide tel qu'un massif de béton.

Les Russes, pour fortifier Cronstadt, les Belges, pour la défense d'Anvers, profitèrent des expériences faites en Angleterre et en adoptèrent les résultats ; à la même époque les coupoles ou tourelles cuirassées tournantes passèrent tout d'une pièce et sans modification aucune du pont des *monitors* cuirassés à la fortification de terre ferme ; ces tourelles pouvant tourner autour de leur axe présentent l'immense avantage d'assurer aux pièces qui y sont placées un champ de tir horizontal à peu près illimité, et de ne présenter aux coups de l'ennemi que des surfaces courbes sur lesquelles les projectiles ont une tendance à glisser.

Les Allemands, eux aussi, après la guerre de 1866, lorsqu'ils eurent à se préoccuper de la défense

de leurs nouvelles frontières maritimes songèrent à recourir à l'emploi des cuirasses métalliques, mais ils reculèrent longtemps devant les dépenses qu'exigeaient l'essai des diverses combinaisons de fer et de maçonneries.

Vers 1869, le génie prussien se décida à expérimenter au polygone de Tegel des plaques de cuirassement en fonte dure présentées par l'usine Gruson établie à Buckau, près Magdebourg, déjà célèbre par la qualité de ses projectiles en fonte durcie. Les expériences, interrompues par la guerre de 1870-71, ne furent reprises qu'en 1873, époque à laquelle on étudia la résistance des diverses plaques de ce métal destinées à composer une casemate de côte. Ce type de casemate servit alors de point de départ aux travaux qui furent commencés sur les côtes ; vers la même époque on entreprit également des essais sur une tourelle tournante en fonte dure. Ces ouvrages cuirassés d'un nouveau genre ne furent tout d'abord destinés qu'à la défense des côtes, mais bientôt les Allemands songèrent à les utiliser également pour renforcer l'armement des forts des nouveaux camps retranchés.

La France, qui la première avait eu l'idée de cuirasser ses navires, resta jusqu'en 1872 complètement en dehors de tous ces essais ; à peine s'était-on préoccupé d'étudier des moyens de pouvoir au besoin renforcer les embrasures de certaines casemates par un blindage formé de une ou plusieurs couches de rails de chemin de fer jointifs. Mais lorsque, en 1872, il s'est agi de reconstituer nos nouvelles places frontières, il fut question dès le début de les doter de batteries cuirassées. Une commission dite des cuirassements, composée d'officiers d'artillerie et du génie, fut réunie à Gavre en 1874 et chargée de déterminer un type d'ouvrage cuirassé susceptible de satisfaire à toutes les conditions voulues de résistance et de service. Cette commission a essayé des dispositifs cuirassés de toutes sortes, tourelles et casemates en fer forgé, acier coulé ou fonte dure et après bien des essais elle a proposé, et le ministre a décidé, en 1878, l'adoption de casemates et tourelles en fonte dure genre Gruson, lesquelles ont été fabriquées spécialement à Saint-Chamond et au Creusot, construites par l'usine de Saint-Chamond, possesseur en France des brevets de l'usine allemande. L'exemple de l'Allemagne et de la France a été imité par toutes les autres puissances qui ont abandonné le système de cuirassement en fer forgé qu'elles avaient adopté tout d'abord, et ont fait d'importantes commandes à l'usine Gruson ; seule, l'Angleterre hésite encore et la seule considération qui semble l'arrêter, c'est que ce système n'est pas d'invention anglaise.

La fonte dure, employée pour les cuirassements, devant présenter à la fois une grande dureté jointe à une grande ténacité, est obtenue par le coulage en coquille d'un mélange de deux fontes différentes, une grise et une blanche. Pour que la plaque prenne une trempe suffisante, il faut que l'épaisseur du moule métallique soit à celle de la plaque dans le rapport de 1,5 à 1 environ ; la température de la coulée et celle de la coquille influent également sur la qualité du métal. A l'usine Gruson, on a pris pour règle de toujours couler à la température la plus basse possible.

Dans le cas qui nous occupe du cuirassement d'un ouvrage de fortification à terre, l'emploi de la fonte dure présente les principaux avantages suivants : la surface de la fonte trempée, à cause de son extrême dureté, n'est pas entamée par un projectile isolé, la plaque ne se déforme pas sensiblement, et le mouvement vibratoire résultant du choc se transmet à toutes les molécules de la masse métallique ; par suite, l'élasticité et la résistance de toute cette masse se trouvent à la fois mises en jeu pour absorber la force vive imprimée au point d'impact par le projectile. L'absence de gonflement permet dans la construction des casemates ou tourelles de réduire au minimum les dimensions des embrasures ou sabords, dont l'ouverture peut être presque complètement remplie par la volée de la bouche à feu, en supprimant le jeu que l'on est forcé de laisser lorsque ces ouvertures sont percées dans une plaque en fer forgé en prévision du refoulement de métal que pourrait produire le choc violent d'un projectile venant frapper à peu de distance du bord de l'ouverture.

L'emploi de la fonte dure a, en outre, amené la suppression du matelas élastique et des boulons d'attache, permis de construire des tourelles ou casemates sans aucun rivet ni autres pièces de raccordement pour relier les divers blocs ou voussoirs qui concourent à la formation du blindage. Les voussoirs appuyés les uns contre les autres comme ceux d'une voûte, se soutiennent par leur propre poids. Cette simple juxtaposition pourrait suffire à la rigueur, mais habituellement, pour augmenter la cohésion du système, et rendre les joints étanches on coule une soudure au zinc ou au plomb dans une rainure pratiquée le long des surfaces de joint. Lorsqu'un bloc vient à être fendu, les fragments ne peuvent se détacher d'eux-mêmes, à cause de la cassure irrégulière du métal qui forme des emboîtements et du serrage auquel ils sont soumis ; il en résulte que la résistance du système n'est, le plus souvent, pas sensiblement diminuée.

Au point de vue de la facilité de production, de la facilité avec laquelle on peut donner par la coulée aux différentes pièces la forme voulue, la fonte durcie présente encore de grands avantages. Il en résulte qu'à poids égal les cuirassements en fonte dure coûtent beaucoup moins cher que ceux en fer forgé, mais il est bon d'ajouter qu'un blindage en fonte dure doit, pour présenter la même résistance, avoir des épaisseurs et un poids sensiblement plus considérable. Cette question de poids, qui à terre n'a qu'une importance secondaire fait que l'on n'aurait jamais pu songer à avoir recours à la fonte pour le cuirassement des navires.

Les ouvrages cuirassés en fonte dure, actuellement en usage pour l'armement des forts ou la défense des côtes, sont de deux sortes, les casemates que l'on n'emploie que lorsque les pièces

n'ont à tirer que dans une direction déterminée, les tourelles tournantes, auxquelles on a recours lorsque l'on veut avoir un champ de tir horizontal pour ainsi dire illimité, ce qui est le cas le plus général.

Une batterie casematée se compose essentiellement d'une série alternée de plaques dans lesquelles sont percées les embrasures, et de plaques de merlons pleines présentant à l'extérieur des surfaces courbes et formant pilier intérieurement ; chaque plaque d'embrasure repose sur une plaque dite de cheville ouvrière, parce qu'elle porte la cheville ouvrière autour de laquelle pivote l'affût. Le toit de la casemate est formé par des plaques de ciel assemblées à leur partie antérieure avec les plaques d'embrasures et de merlon et reposant en arrière sur les piliers qui forment la limite des casemates en maçonnerie aboutissant à la batterie. Tout le cuirassement repose sur des plaques de soubassement en fonte ordinaire, engagées dans les fondations en maçonnerie ; des nervures ménagées sur la face supérieure, emboîtent la base des plaques de manière à empêcher tout glissement.

La batterie est terminée à chacune de ses extrémités par un massif en maçonnerie recouvert de terre ; en avant des plaques de cheville-ouvrière sont disposés de gros blocs de granit ; le ciel est recouvert d'une couche de béton surmontée elle-même d'une couche de sable d'au moins 2 mètres. Les embrasures, quand elles sont trop exposées

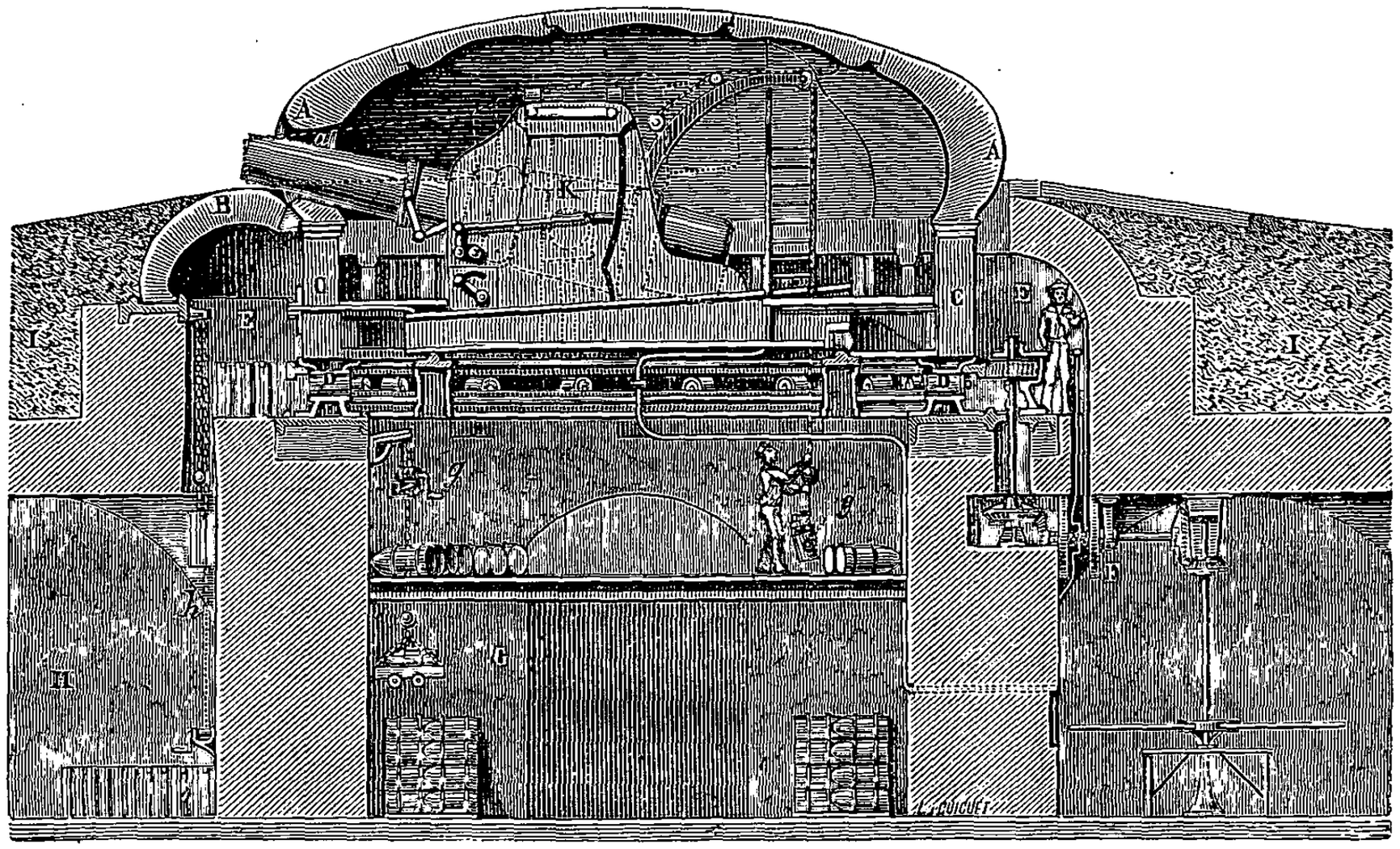


Fig. 694. — *Tourelle cuirassée en fonte dure (système Gruson).*

AA Coupole en fonte dure, formée de voussoirs et de plaques de ciel ou d'une calotte, *qui sont emboîtés à feuillures ; les joints sont remplis* de zinc ou de plomb coulé et maté. — *a* Embrasure minimum ou sabord. — *B* Anneau fixe en fonte dure formé de plusieurs segments. — *CC* Charpente cylindrique en tôle de fer supportant la coupole. — *DD* Couronne de galets sur lesquels repose la *plate-forme de la tourelle*. — *EE* Galerie de circulation. — *F* Treuil à engrenages servant à faire tourner la tourelle. — *G* Magasin à projectiles. — *H* Magasin à gargousses. — *ggh* Monte-charges. — *II* Béton. — *K* Affût à embrasure minimum.

au tir direct, sont masquées par un obturateur ou gros verrou en fonte qui peut glisser dans une gaîne verticale ménagée dans le massif établi en avant de la cuirasse et disparaît au moment du tir de façon à démasquer la pièce.

Une tourelle se compose : d'une coupole qui est formée de voussoir et d'une calotte en fonte dure et affecte la forme d'un ellipsoïde engendré par la révolution d'un quart d'ellipse autour de son petit axe et d'une charpente cylindrique en tôlerie qui supporte à la fois la coupole et la plate-forme sur laquelle repose les pièces au nombre de 1 ou plus souvent de 2. La tourelle repose sur les fondations en maçonnerie par l'intermédiaire d'une couronne de galets coniques ; le mouvement de rotation est produit au moyen d'une crémaillère circulaire ou d'une chaîne sans fin et de treuils mus à bras ou à l'aide de machines. Dans certains modèles la tourelle repose en outre sur un pivot qui s'engage dans un pot de presse noyé dans la maçonnerie et forme piston, de telle sorte qu'en faisant fonctionner une petite presse hydraulique on soulève légèrement la tourelle et diminue notablement l'effort à développer pour la faire tourner. Une galerie de circulation règne tout autour de la tourelle, le mur qui limite cette galerie est protégé lui-même par un anneau fixe formé de segments en fonte dure et noyé lui-même dans une masse de béton de ciment. Pendant le tir, la tourelle doit tourner d'une façon continue avec une vitesse telle que les servants aient eu le temps de recharger les pièces, avant que le tour soit achevé ; un dispositif électrique permet de donner le feu automatiquement au moment précis où la tourelle, dans son mouvement de rotation, ramène les canons dans la direction voulue.

L'intérieur de la tourelle est éclairé avec des lanternes ; l'expérience a prouvé que le service dans ces tourelles, tout en étant pénible pour les servants n'était cependant pas impossible ; la fumée et le bruit des détonations sont même moins gênants qu'on ne l'aurait supposé tout d'abord.

La figure ci-jointe (fig. 694) représente une tourelle allemande en fonte Gruson pour la défense des côtes, armée de 2 canons de 28ᶜᵐ ; le prix d'une pareille tourelle y compris l'installation dans le fort, les fondations et son armement revient à 694,000 francs à peu près par canon.

Pour terminer, citons le *canon cuirassé*, expérimenté pour la première fois en 1879 par l'usine Krupp ; la pièce est placée dans une casemate cuirassée ; à la bouche de la pièce est vissée une sphère formant collier qui est engagée dans le bouclier de la casemate et forme une sorte d'articulation à genou, autour de laquelle peut pivoter le canon. Grâce à cette disposition, l'embrasure est complètement fermée par la pièce elle-même, et le recul du canon est complétement supprimé, ce qui facilite la manœuvre et la rend plus rapide.

BIBLIOGRAPHIE. — *La Marine cuirassée*, par DISLÈRE, 1873. — *La guerre d'escadre et la guerre de côtes*, par DISLÈRE, 2ᵉ édition augmentée d'un appendice, par GUICHARD, 1883. — *Gruson's Hartguss-Panzer*, Berlin 1878. — *Aide-mémoire à l'usage des officiers d'artillerie*, 4ᵉ édition, chap. XIII et XV, 1883.

* **CUIR-LAINE.** *T. tech.* Sorte de drap croisé très solide et très consistant.

* **CUISEUR.** *T. de mét.* Ouvrier qui conduit le feu d'un four de poterie, de briqueterie ou autre industrie.

* **CUISINE A VAPEUR.** Ensemble d'appareils destinés à la préparation des aliments dans un grand établissement.

— « La première cuisine à vapeur, dit M. le capitaine Corbin, dans son mémoire sur les cuisines à vapeur (*Mémorial de l'officier du génie*, nº 23) qui ait été construite est, croyons-nous, celle de la maison de force de Gand. Malgré les avantages reconnus de ce système, l'usage ne s'en répandit pas, et vers 1861 il n'en existait encore que deux en France, à notre connaissance du moins, toutes deux à Lyon.

« En 1862, un frère de la doctrine chrétienne, le frère Pierre Célestin, fit construire une cuisine à vapeur, mais sur un modèle assez différent de celles existant à cette époque. Grâce aux nombreux perfectionnements qu'il apporta, tant à la forme qu'à l'agencement des appareils, perfectionnements réalisés avec le concours de M. Egrot, constructeur à Paris, ces cuisines devinrent réellement commodes ; aussi s'en installa-t-il un assez grand nombre. »

Quelque temps après une commission militaire fut chargée d'étudier la cuisine à vapeur Egrot, au point de vue de son application dans les casernes. A la suite d'un rapport favorable, une première installation fut faite à la caserne de la Pépinière, et les résultats obtenus ayant justifié les conclusions du rapport de la commission, plusieurs autres cuisines à vapeur furent installées dans différentes casernes. L'économie de combustible surtout est remarquable. Pour n'en citer qu'un exemple, à la caserne de la Pépinière, où l'on consommait avec les marmites à feu nu 360 kilogrammes de charbon par jour, on a vu la dépense en combustible réduite à 180 kilogrammes par jour, après l'installation de la cuisine à vapeur Egrot.

« Il convient d'ajouter qu'en 1873, un constructeur autrichien a exposé à Vienne, une cuisine à vapeur à peu de chose près semblable aux appareils que décrit Péclet dans son *Traité de la chaleur.* »

La cuisine à vapeur Egrot se compose de marmites à double fond, tout en fonte peu épaisse pour que la cuisson se fasse rapidement, mais assez résistante pour supporter une pression de 5 kilogrammes. Ces marmites sont montées sur tourillons pour pouvoir basculer. Ces tourillons sont creux et livrent passage aux tuyaux d'arrivée de vapeur dans le double fond, et de sortie des eaux de condensation. Chaque marmite est

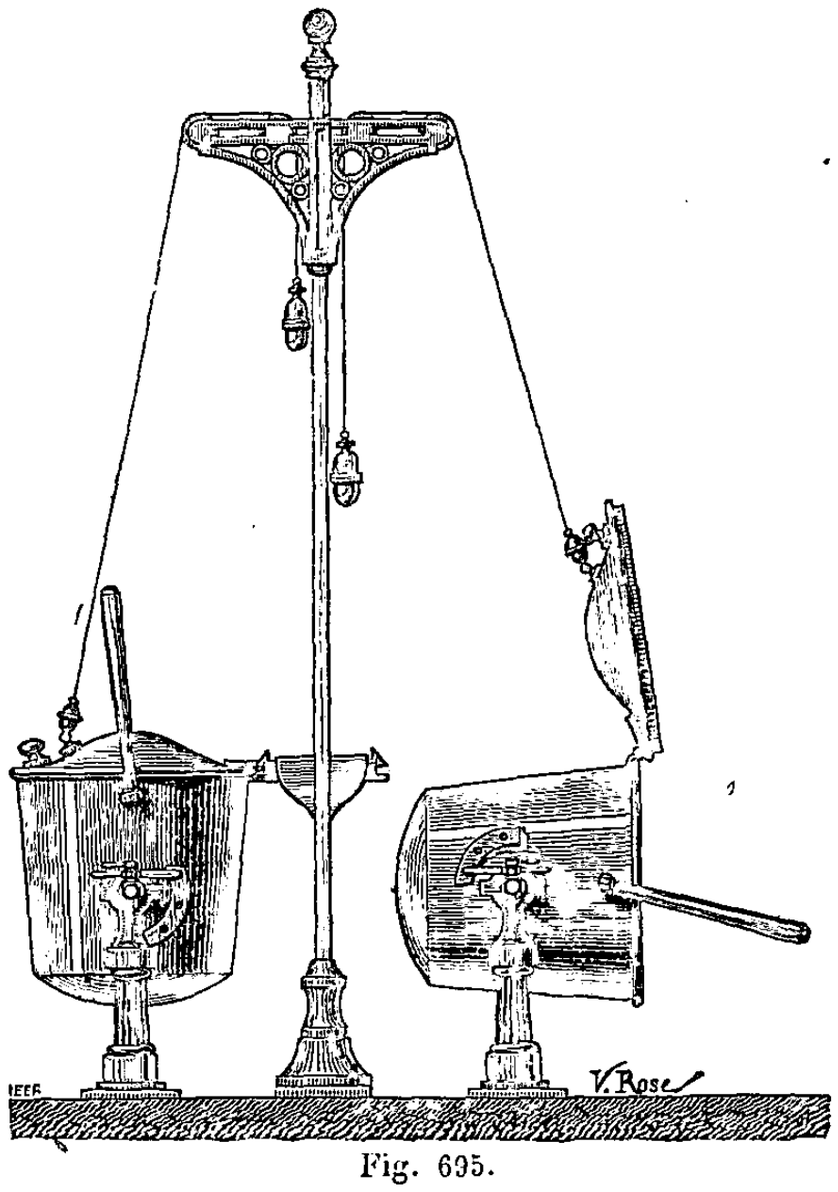


Fig. 695.

entourée d'une enveloppe isolante pour éviter la déperdition de la chaleur et munie d'un couvercle à charnière équilibré par un contrepoids. Dans sa position normale, la marmite est maintenue par un verrou d'arrêt ; dans son mouvement de basculement elle peut être inclinée au point voulu et y être fixée au moyen de trous pratiqués en manière de crémaillère sur un des côtés de l'enveloppe, dans lesquels vient s'engager une manette placée sur le chapeau du tourillon du même côté (fig. 695).

Les marmites sont profondes, demi-profondes et plates, suivant qu'elles doivent servir à préparer le bouillon et les légumes, les ragoûts, les fritures et les rôtis à la casserole. (1)

Les tourillons des marmites reposent sur de petites colonnettes en fonte boulonnées sur des

(1) Lorsqu'elles sont installées au milieu de la cuisine des colonnes en fonte portent les verrous d'arrêt et les supports des contrepoids des couvercles.

plaques de fondation recouvrant un caniveau dans lequel passent les conduites de vapeur et de retour des eaux condensées. Des tuyaux de branchement, partant de cette conduite, traversent ces petites colonnettes pour aboutir aux robinets de vapeur et de retour des marmites. Des robinets cols de cygne, scellés au mur versent l'eau froide dans les marmites. Quand celles-ci sont groupées au centre de la cuisine, ces cols de cygne sont supportés par des colonnes en fonte.

Les générateurs, qui chauffent ces marmites, sont verticaux à foyer intérieur et d'une force proportionnelle au nombre et à la capacité des marmites. Il y a généralement dans une cuisine deux générateurs pour éviter le chômage en cas de nettoyage ou de réparation de l'un d'eux ; mais à la rigueur, un seul générateur suffit. Ils sont alimentés chacun par une bouteille à robinets articulés, manœuvrant automatiquement sous l'action d'un seul levier de commande, pour donner l'eau soit au générateur, soit à la bouteille. Un réservoir, dit des retours, reçoit l'eau de condensation des doubles fonds des marmites, et sert à l'alimentation du générateur en marche.

La cuisine à vapeur économise le combustible d'une façon sensible par la substitution d'un seul foyer à plusieurs, par la disposition des marmites toutes revêtues d'une enveloppe conservant la chaleur par l'emploi des eaux de condensation à l'alimentation du générateur. Elle évite l'altération de l'air par la fumée et les cendres, les odeurs désagréables des graisses répandues, la chaleur incommode se dégageant des fourneaux.

Enfin, elle présente ce grand avantage que le générateur peut fournir aussi la vapeur pour le chauffage des locaux, de séchoirs, de réservoirs à eau chaude desservant une laverie ou un service de bains, et même dans les hôpitaux pour le chauffage des chambres et bassines servant à la préparation des produits médicaux. C'est, en un mot, le système de cuisine qui convient par excellence aux établissements où loge un nombreux personnel.

CUISSARD, CUISSART ou **CUISSOT.** *Art milit. anc.* Partie de l'armure qui protégeait les cuisses. Tout d'abord (XIIIe siècle) elle était formée de lames articulées, puis vers le milieu du XIVe siècle, on adopta une garniture d'une seule pièce, couvrant la partie externe de la cuisse, jusque sous la *braconnière* qui protégeait le haut de la cuisse et la hanche ; on bouclait par derrière sur le haut-de-chausses de mailles. — V. ARMURE.

I. **CUITE.** *T. de sucr.* Chez les industriels qui emploient le sucre comme matière première (confiseurs, liquoristes, pharmaciens), on donne indistinctement le nom de *cuite* à toute évaporation destinée à amener un sirop d'un degré de concentration quelconque à un degré plus élevé. Dans les usines où l'on produit le sucre en cristaux (sucreries, raffineries), on réserve le nom de *cuite* à l'évaporation définitive que l'on fait subir aux sirops pour les amener à un point de concentration bien déterminé, et tel que la masse puisse abandonner, à l'état cristallisé, la majeure partie du sucre qu'elle contient ; les opérations de concentration préliminaire prennent plus spécialement dans ces industries le nom d'*évaporation* (V. ce mot). La cuite consiste à maintenir le sirop en ébullition jusqu'à ce que, par suite de l'évaporation progressive de l'eau, la masse cuite présente la composition voulue. Le mode de chauffage des sirops et la disposition des appareils varient suivant le but que l'on se propose d'atteindre ; l'ébullition peut être produite : 1° à feu nu et à l'air libre, 2° à la vapeur et à air libre, 3° à la vapeur et dans le vide.

Cuite à feu nu. La cuite à feu nu n'est plus guère pratiquée que chez les confiseurs et pharmaciens, et pour les petites préparations.

Cuite à la vapeur et à air libre. Dans les confiseries bien installées, les cuites un peu considérables se font dans des appareils chauffés à la vapeur : ce sont des chaudières, en général hémisphériques ou cylindriques, à fond plus ou moins bombé, de diamètre variable, en cuivre rouge, possédant un double fond, ou un serpentin mis en communication avec le générateur de vapeur. — V. CONFISERIE.

CONDUITE DES CUITES A AIR LIBRE. *Preuves* (V. SUCRE). Etant donné que l'on a pesé exactement les quantités de sucre et d'eau que l'on a mises en présence pour faire une cuite, rien n'est plus simple que de calculer la quantité d'eau qu'il faudra volatiliser pour amener la masse à la concentration et au degré désirés ; mais la conduite de l'opération présente certaines difficultés ; on ne peut songer en effet à mesurer la proportion d'eau évaporée en pesant de temps en temps la bassine que si l'on traite de faibles quantités de matière ; quand on opère sur des hectolitres, on est obligé de prendre la densité de la masse en en pesant un volume connu, mais cette détermination exige l'emploi de balances sensibles. D'autre part, les aréomètres qui donnent la densité des solutions dans lesquelles on les plonge, sont gradués pour la température de 15° centigrades, et quand on les plonge dans des sirops portés à 100° et au-dessus, il faut faire subir au degré lu des corrections assez incertaines, par suite du refroidissement rapide du sirop. Enfin, au-delà de 43° Baumé, la masse cuite cristallise ou devient tellement visqueuse qu'elle se prend en masse en refroidissant. On pourrait, il est vrai, tirer des indications certaines sur la composition d'une masse cuite bouillante en y plongeant un thermomètre ; on sait, en effet, que plus une solution s'enrichit en principes dissous, plus son point d'ébullition s'élève. Mais les praticiens préfèrent s'en rapporter à un ensemble de caractères de la masse cuite, tels que la manière dont se forment les bulles ou *bouillons* au sein du liquide ; la viscosité croissante de la masse, la manière dont elle retombe quand on en soulève une partie avec un bâton (bâton à cuite) ou une écumoire ; ou enfin la résistance qu'elle présente quand on en pétrit une petite quantité entre les doigts, à sec, dans l'eau, ou sous la dent. Ces caractères portent le nom de *preuves* ; on dit, en terme de métier, qu'un sirop est cuit à telle *preuve*, au lieu d'indiquer sa composition ou sa

densité. Les différentes preuves se produisent à mesure que le sirop se concentre ; leur succession constitue une espèce d'échelle, suffisante pour dispenser un ouvrier exercé de l'emploi du densimètre ou du thermomètre, mais elles ne sont pas bien nettement tranchées ; aussi règne-t-il entre les différents auteurs une certaine incertitude quant à la densité exacte à laquelle elles correspondent. On comprend, d'ailleurs, que lorsqu'on n'opère pas sur des sucres purs, les matières étrangères, qui s'y trouvent mélangées accidentellement, ou que l'on a ajoutées pour les besoins des préparations ultérieures, influent sur ces caractères. Les preuves n'ont donc de valeur réelle que pour l'opérateur qui travaille des sirops de compositions toujours identiques.

Nous donnons ci-dessous la liste des preuves usitées en confiserie et en sucrerie, avec leurs caractères distinctifs, et dans l'ordre suivant lequel elles se produisent : *La perle* (ou le perlé). Une cuillerée de sirop renversée ne laisse tomber les dernières gouttes que lentement, et sous la forme de poires ou de perles. *La pellicule*. En soufflant horizontalement au-dessus d'une cuillerée de sirop, on produit une pellicule qui disparaît dès qu'on cesse de souffler. *Le lissé*. Une goutte de sirop prise entre les doigs se sépare en deux gouttelettes aplaties, quand on écarte les doigs. *La nappe*. Le sirop soulevé avec une écumoire s'écoule en nappe, et non plus en gouttelettes.

Ces quatre premières preuves, très voisines, se succèdent rapidement et leurs caractères sont peu tranchés : l'ébullition se produit de 103 à 105° centigrades ; la densité à chaud varie de 1,250 à 1,270, et de 1,315 à 1,330 à froid ; la richesse en sucre atteint 35 à 37 0/0 du poids de la masse.

Le filet. Une goutte pressée entre deux doigts s'étend, quand on les écarte, en un long filet très ténu et qui ne se rompt pas. Ebullition à 109 ou 109°,5 centigrades. Densité, 1,380 à chaud, 1,499 à froid. Richesse en sucre, 85 0/0.

Le crochet léger. Le filet produit comme ci-dessus se rompt et forme un crochet qui tend à remonter vers le doigt. Ebullition à 110°,5. Densité, 1,396 à chaud, 1,464 à froid. Richesse en sucre, 87 0/0. *Crochet fort*. Mêmes caractères que ci-dessus, mais plus tranchés : ébullition à 112°. Densité = 1,403 à chaud et 1,471 à froid ; sucre, 88 0/0.

Petit soufflé (ou plume). On plonge l'écumoire dans le sirop, on souffle au travers, et il se forme de petites bulles qui crèvent rapidement. Ebullition à 116. Densité = 1,478 à froid ; sucre, 89 0/0. *Grand soufflé* (ou morne, ou grande plume). Mêmes caractères que ci-dessus ; mais les bulles sont plus grosses et tendent à revenir sur elles-mêmes. Ebullition à 121°. Densité = 1,492 à froid ; sucre, 91 0/0.

Boulé. En plongeant dans le sirop les doigts préalablement mouillés d'eau, puis les reportant dans l'eau, on obtient une boule molle que l'on peut pétrir facilement. *Grand boulé*. Mêmes caractères que ci-dessus, mais la boule obtenue est un peu plus résistante. Densité et composition fort peu différentes de celles correspondant au grand soufflé

Petit cassé. Même essai que ci-dessus ; la boule obtenue devient dure et peut se casser sous les dents, mais en y adhérant. Ebullition à 122°. Densité = 1,504 à froid ; sucre, 96,67 0/0. *Grand cassé*. Même essai, mais la boule casse avec bruit sous la dent et n'y adhère pas. Ebullition à 128°,5. Densité = 1,526 à froid ; sucre, 95,75 0/0. *Cassé sur le doigt*. Le sirop prend immédiatement, dans l'eau ou à l'air, la consistance du sucre d'orge. Ebullition à 132°,5. Densité = 1,532 à froid ; sucre 96,55 0/0.

Cuite à air libre en sucrerie. Avant l'invention des appareils à cuire dans le vide, pour amener le sirop à cristallisation (preuve au filet et au crochet), on se servait, dans les sucreries, de chaudières basses et larges, à fond plat, munies d'un serpentin dont les spires occupaient tout le fond (chaudière Pecqueur).

Cuite dans le vide. La cuite à la vapeur à air libre évite les coups de feu et la caramélisation brusque des sirops, mais elle a toujours l'inconvénient de maintenir longtemps le sirop à la température de l'ébullition, température qui s'élève avec la concentration du sirop et qui dépasse toujours 100° ; il en résulte une transformation lente du sucre en glucose. Cette transformation est négligeable pour les préparations du confiseur ou du liquoriste, car le glucose produit reste mêlé au sucre et n'en modifie la saveur que d'une façon insensible. Il n'en est plus de même dans les industries qui produisent du sucre en cristaux, car on se propose alors de faire cristalliser le sucre par refroidissement pour le séparer ensuite des eaux-mères qui le baignent, puis de concentrer de nouveau les eaux-mères pour en extraire une nouvelle quantité de sucre. Le glucose ne cristallisant pas, passe dans les sirops d'égout, où il immobilise une nouvelle quantité de sucre : de là une perte sensible pour le fabricant. En outre, en même temps que du glucose, l'ébullition prolongée donne naissance à de petites quantités de produits d'altération doués d'un pouvoir colorant considérable (caramels, etc.) ; cette coloration déprécie encore les produits de la raffinerie. Ces inconvénients sont presque entièrement évités par l'emploi des appareils à basse pression.

C'est à Howard, raffineur anglais (1812), que l'on doit l'idée première des appareils à évaporer et à cuire dans le vide qui, modifiés successivement par Derosne et Cail et par Brissonneau, sont aujourd'hui uniquement employés dans les sucreries et les raffineries pour produire la cristallisation du sucre, et dans les glucoseries pour amener les sirops de glucose ou de fécule aux divers degrés de concentration marchande. La construction de ces appareils repose sur ce principe que la température d'ébullition d'un liquide dépend de la pression à laquelle il est soumis. A l'air libre, c'est-à-dire sous la pression normale de l'atmosphère, l'ébullition ne peut se produire que lorsqu'on a atteint une température suffisante pour que la tension propre de la vapeur d'eau à cette température soit égale à celle de l'atmosphère. Si donc on fait un vide partiel à la surface

d'un liquide chauffé, l'ébullition se produira à une température d'autant plus basse que le vide sera plus parfait : on peut ainsi provoquer industriellement à 70 ou 80° l'ébullition de sirops qui auraient exigé à air libre une température de 110 à 120°.

Degré de vide		Pression réelle dans l'appareil		Températ. d'ébullition en degrés centigrades
en centim. de mercure	en pouces de mercure	en centim. de mercure	en pouces de mercure	
27	10	49	18	88
32.4	12	43.6	16	85
38	14	38	14	82
43.6	16	32.4	12	78
49	18	27	10	74
54	20	22	8	69
59.4	22	16.6	6	63
64.8	24	11.2	4	55
70.4	26	5.6	2	43

Appareils a cuire dans le vide. Tous présentent les organes essentiels suivants : une chaudière formée d'un cylindre vertical fermé par deux calottes hémisphériques ; à l'intérieur de la chaudière et à la partie inférieure, se trouvent 2 ou 3 serpentins horizontaux communiquant chacun par un robinet distinct avec la conduite de vapeur ; du milieu de la calotte supérieure, part un large tuyau horizontal qui met en communication l'intérieur de l'appareil à cuire proprement dit avec un réfrigérant vertical à injection d'eau froide, mis lui-même en rapport avec une puissante pompe à air. La chaudière porte en outre, vers le milieu de sa hauteur, un tuyau d'amenée du sirop à cuire, commandé par un robinet ; une soupape de vidange au centre de la calotte inférieure ; un indicateur de vide et un manomètre indiquant la pression à l'intérieur du serpentin ; une sonde à joint étanche permettant de prélever les *preuves*. Des robinets spéciaux, placés vers le haut de la partie cylindrique de l'appareil, permettent, l'un de laisser rentrer l'air quand l'opération est terminée, et l'autre (robinet à beurre) d'introduire un corps gras à la surface du sirop quand il se produit des mousses trop abondantes.

La dimension des appareils à cuire est très variable ; dans certaines grandes sucreries (usines centrales), elle atteint la contenance de 300 hectolitres.

La pression de la vapeur envoyée dans le serpentin varie de 3 kilogrammes à 3ᵏ,500, et on produit dans l'appareil un vide de 17 à 20 ou 22 pouces : dans ces conditions la température d'ébullition varie de 70 à 85°.

Conduite de la cuite dans le vide. *Cuite claire et cuite en grains.* Si l'on se propose seulement d'amener un sirop à un degré de concentration tel qu'il abandonne des cristaux de sucre par refroidissement, on fait ce que l'on appelle la *cuite claire :* la pompe à air étant en marche et tous les robinets fermés, le vide se fait dans l'appareil ; on ouvre alors le robinet d'arrivée du sirop, puis on lâche la vapeur successivement dans les serpentins à mesure qu'ils sont couverts par le liquide ; l'appareil étant rempli aux 2/3, on ferme l'alimentation ; on lâche ensuite l'eau dans le réfrigérant ; l'ébullition commence vers 70° ; la vapeur aspirée dans le condenseur y reprend l'état liquide et s'écoule. On remplace par du sirop neuf le liquide évaporé, de manière à maintenir le niveau constant. On suit les progrès de la concentration en faisant de temps en temps des preuves à l'aide de la sonde. Quand toute la masse est amenée à la preuve au filet ou au crochet léger, on arrête l'opération, ou supprime la vapeur, on laisse rentrer l'air, puis, en ouvrant la soupape de vidange, on lâche la cuite dans les cristallisoirs. Cette opération est très simple, et pour la mener à bonne fin, on n'est pas astreint à observer des proportions bien rigoureuses entre la température des serpentins, le degré de vide, le volume de liquide introduit, etc. Ce genre de cuite est le seul que l'on pratique dans les glucoseries ; dans les sucreries et les raffineries, on le réserve pour les résidus.

Cuite en grains. Les appareils à basse pression permettent de réaliser la cristallisation du sucre dans l'appareil même : c'est ce qui se fait toujours aujourd'hui pour les sirops dits de *premier jet* en sucrerie et en raffinerie ; mais l'opération devient délicate et exige un cuiseur expérimenté et se conformant scrupuleusement aux prescriptions indiquées par la théorie. Supposons que l'appareil contienne, jusqu'au niveau du deuxième serpentin, du sirop amené par la méthode exposée ci-dessus, au point de cuite, c'est-à-dire à 43° Baumé environ, le manomètre indiquant 3 kilogrammes et demi et à l'indication de vide 16 pouces. A cette densité, le sirop en refroidissant commencerait à abandonner des cristaux ; mais au lieu de couler la cuite claire, on continue à évaporer quelques centièmes de l'eau, que l'on remplace par du sirop à 25 ou 27° Baumé ; on a soin en même temps d'augmenter un peu le vide, ce qui a pour résultat de diminuer la solubilité du sucre, par suite de l'abaissement de la température d'ébullition. Lorsque l'eau de cette *charge* est vaporisée, le sucre se dépose à l'état cristallin. On comprend qu'en continuant à ajouter de petites portions de sirop au fur et à mesure que l'eau de chaque nouvelle charge aura été entraînée sous forme de vapeur, le sucre introduit successivement se séparera en cristaux de sa solution. On pourra ainsi amener la masse à ne plus contenir que 6 à 10 0/0 d'eau tout en lui conservant presque la même fluidité qu'au point de cuite, puisque le sucre en excès passe chaque fois à l'état solide et n'augmente pas, par conséquent, la viscosité de la masse.

Pour réaliser industriellement cette opération, on commence par *concentrer*, c'est-à-dire amener au point de cuite (preuve au crochet faible) les 2/5 ou 40 0/0 du volume total du sirop à cuire, celui-ci étant à 27° Baumé ; puis, le manomètre étant à 3ᵏ,5 et le vide à 17 ou 18 pouces (ou 19 à 20 dans les grands appareils), on fait une charge de 2 0/0, on ramène à la preuve, on fait une nou-

velle addition, etc., en augmentant progressivement le vide jusqu'à 22 ou 23 pouces. Vers la 5e ou 6e charge, on voit les cristaux apparaître, la cuite est *grainée*. Il ne reste plus alors qu'à achever d'introduire le sirop par petites charges de 2 0/0, ou même en filet continu, pour *nourrir* le grain. Tout le sirop étant introduit, on *serre* la cuite, c'est-à-dire que l'on continue à évaporer pour amener rapidement la masse au degré de siccité convenable (6 à 10 0/0 d'eau) afin qu'elle soit juste assez mobile pour pouvoir sortir de la chaudière par la soupape inférieure : ce point atteint, on *lâche* la cuite.

On peut à volonté, et suivant les circonstances, produire des cristaux volumineux ou très petits, il suffit pour cela de modifier légèrement le mode opératoire. Dans les raffineries où l'on tient à obtenir des cristaux microscopiques on alimente l'appareil avec des sirops déjà assez concentrés (30 ou 35° Baumé); on mène très rapidement la cuite, on prend les preuves fortes, on fait des charges très fréquentes et on laisse même arriver le sirop en filet mince à la fin de l'opération. Dans les fabriques de sucre brut, au contraire, on a intérêt à avoir des cristaux bien nets et assez gros pour ne pas passer à travers les mailles des turbines : on n'alimente qu'avec des sirops à 22 ou 27° Baumé au maximum, on prend les preuves légères; on graine par de fortes additions, et on conduit la cuite lentement de manière à nourrir les cristaux déjà formés, au lieu de chercher à en produire de nouveaux; l'opération dure alors de douze à vingt-quatre heures.

Nous ferons, pour terminer, une dernière remarque : dans les appareils à cuire, la température n'atteint jamais 100°; mais le calorique nécessaire à l'ébullition est fourni par des serpentins à l'intérieur desquels circule de la vapeur à 130 ou 135°. L'expérience a montré que dans ces conditions il se produit au contact des tubes, une série de surchauffes, et qu'une petite quantité de sucre se détruit en colorant un peu la masse. Industriellement cette altération est négligeable, surtout si on la compare à celle qui se produisait dans les anciens appareils à air libre, et l'on doit reconnaître que l'invention des appareils à basse pression constitue une des conquêtes les plus considérables de l'industrie sucrière. — P. G.

II. **CUITE.** *T. de savonn.* On entend par ce mot la quantité de savon obtenu en une seule opération. D'après le procédé marseillais, une cuite se compose de 15,000 kilogrammes. A l'époque où les usines étaient chauffées à feu nu, on opérait dans deux chaudières contenant 7,500 kilogrammes chacune; mais, depuis que l'emploi de la vapeur s'est généralisé, on opère dans une seule chaudière, qui a naturellement une capacité égale à deux des anciennes et dont le diamètre est en moyenne de 3m,50 et la profondeur de 3m,55. Grâce à la puissance des serpentins, dont les chaudières sont actuellement munies, la coction de la pâte savonneuse se fait dans de bonnes conditions et le produit obtenu ne laisse rien à désirer.

CUIVRAGE. Le cuivrage des objets métalliques est une opération qui, par elle-même, rentre dans les procédés généraux d'*électro-métallurgie* (V. ce mot), et dépend des mêmes lois. On sait qu'en effet si dans une dissolution de sulfate de cuivre, on fait passer le courant d'une pile, en prenant pour un des anodes, une lame de cuivre, et pour l'autre un métal, le sulfate de cuivre est décomposé, le métal se dépose sur le second anode, alors que le premier se combine avec l'acide sulfurique devenu libre, régénérant ainsi le bain de sulfate. Le cuivrage a été depuis longtemps appliqué sur les objets en zinc, en fer, à propos desquels on peut citer le cuivrage des doublages de navire, pour mettre ceux-ci à l'abri des actions corrosives qui les détruisaient si promptement. Il a pris une très grande importance, depuis le développement considérable de la fabrication des objets de toute nature en fonte de fer, en particulier de la fonte d'art, qui a permis d'établir tant de pièces riches, destinées à la décoration monumentale et à des prix relativement modérés. Mais à cause de la nature du métal employé, et pour le soustraire aux pernicieuses influences de l'atmosphère, le cuivrage de la fonte n'a pris une grande importance pratique, que grâce à l'artifice du dépôt sur la fonte d'une première couche protectrice isolante. V. BRONZAGE, ELECTRO-MÉTALLURGIE, etc.

|| Dans l'*impression* sur étoffes, on nomme *cuivrage*, un accident dû à une mauvaise composition de la couleur, qui prend, par le vaporisage ; un aspect métallique. Le composé auquel on peut rapporter cet effet, semble être l'oxyde cuivreux, on évite cet accident, en remplaçant le cuivre par d'autres mordants. On nomme aussi *cuivrage*, l'opération par laquelle on donne aux bleus d'indigo teints, l'aspect cuivré.

CUIVRE. *Equivalent :* 31,75; *poids atomique :* 63,5. Le cuivre est, après le fer, le métal dont on fait le plus grand usage dans les arts. Dès la plus haute antiquité, il a été connu et mis en œuvre. Son abondance sur presque tous les points du globe à l'état natif, parfois même en masses assez considérables, sa belle couleur rouge, son brillant et sa malléabilité expliquent la faveur dont il a joui dès les temps les plus reculés. Le cuivre a cependant deux inconvénients qui ont dû entraver la généralisation de son emploi à l'état pur; c'est, d'une part, son point de fusion élevé et, d'autre part, la propriété fâcheuse qu'il a de se solidifier presque immédiatement dans les moules où on le coule. L'étain, dont la découverte coïncide presque avec celle du cuivre, donna le moyen de remédier à ces inconvénients.

HISTORIQUE.

Les plus anciens peuples de l'Asie, les Aryas, découvrirent qu'en associant au cuivre une faible quantité d'étain, on obtient un alliage qui est beaucoup plus fusible, plus dur, et qui se prête plus facilement au moulage que le cuivre pur. Cet alliage fut désigné sous les noms divers d'*æs*, de *chalcas*, d'*aurichalgue*; son usage se généralisa vite dans tout l'Orient, grâce à la dispersion des premières tribus d'Asie; son apparition en Europe date du XVIe siècle avant notre ère

Ce sont les Indiens qui reconnurent les premiers que

cet alliage, très fragile lorsqu'il vient d'être coulé, peut être rendu malléable et façonnable au marteau, si, après avoir été porté au rouge cerise, il est subitement plongé dans l'eau froide. Cette *trempe* produit l'effet inverse de celui qu'on remarque dans la trempe de l'acier, mais on sut rendre au bronze la qualité de dureté exempte de toute fragilité qui le rend si précieux, en le soumettant au *recuit*, c'est-à-dire à une température élevée qu'on laisse descendre graduellement. C'est après cette importante découverte que le bronze remplaça bientôt la pierre, le silex et même le cuivre pur, pour la confection des armes de toute nature, aussi bien que pour celle des instruments et outils des arts mécaniques. Les lames de sabre et d'épée furent elles-mêmes coulées, et ce n'est que pour les rendre tranchantes qu'on fit intervenir, comme pour tous les autres instruments coupants, le marteau en pierre lisse. Cet usage général du bronze dura pendant une période fort longue chez toutes les nations de l'antiquité et persista chez les Grecs, les Romains, les Gaulois pendant bien des siècles, jusqu'à l'époque où la métallurgie, ayant fait de grands progrès, put livrer le fer en assez grande quantité et à des prix assez bas pour qu'il devint à son tour le métal usuel par excellence.

Le nom du cuivre, *kypros* chez les Grecs, *cyprium* puis *cuprum* chez les Romains, rappelle le nom de la déesse Cypris, qui avait un temple célèbre dans l'île de Cypre ou Chypre. Cette île renfermait des mines d'or, d'argent et surtout de cuivre auquel on imposa le même nom.

L'Espagne, l'Arménie, le nord de l'Afrique fournirent pendant longtemps le cuivre employé pour la fabrication de l'airain; puis, les mines s'épuisant, ou, du moins, les procédés d'exploitation des anciens ne permettant pas de pénétrer à de très grandes profondeurs, on chercha de nouvelles mines. Pendant tout le moyen âge, les peuples de l'Europe tirèrent de la Bohême, de la Thuringe, de la Saxe, du Hanovre, de la Suède, la totalité du cuivre nécessaire à leur consommation. A partir du XVIe siècle, on vit arriver successivement en Europe les produits des riches mines de l'Inde, du Mexique, du Brésil, du Pérou et de plusieurs autres pays d'Amérique. Vers le même temps eurent lieu, en Angleterre, les premiers sondages pour la recherche des richesses métalliques que recélait le sol de cette île. Ces sondages eurent pour résultat la découverte de mines tellement abondantes, que loin d'être épuisées de nos jours, elles continuent d'apporter annuellement, sur les marchés du continent, un large contingent de métaux parmi lesquels le cuivre tient la première place. Les mines de ce métal se trouvent surtout dans le Cornwall, le Devonshire et l'île d'Anglesea. L'exploitation du minerai cuprifère prit, dans la seconde moitié du XVIIIe siècle, une extension considérable en Angleterre et notamment dans l'île d'Anglesea, dont le produit s'éleva, en 1785, jusqu'à 3,000 tonnes; ce chiffre baissa peu à peu par la suite, il n'était plus que de mille tonnes dix ans plus tard, et, depuis, les mines d'Anglesea sont tombées à un niveau assez bas. En revanche, le pays de Cornwall a fourni aux usines d'extraction du cuivre une quantité de minerai qui s'est élevée progressivement au premier rang dans le chiffre total du minerai extrait en Angleterre. Ce chiffre était, en 1876, de 80,400 tonnes de minerai ayant fourni 4,700 tonnes de cuivre. La métallurgie anglaise demande à l'étranger une proportion de minerai de jour en jour croissante.

L'*Allemagne* possède des mines dont l'exploitation est, en général, fort ancienne; celles de Rammelsberg, près Goslar (Hanovre) furent exploitées vers le Xe siècle. Le minerai de cuivre se rencontre encore dans les monts du Hartz ainsi que dans la Thuringe, où se trouvent les mines de Mansfeld, dont l'exploitation date du début du XIIIe siècle. Pendant près de trois siècles ces mines ont pourvu, avec celles de la Suède, à tous les besoins de l'Europe, mais elles sont maintenant en voie d'épuisement.

Les gisements cuprifères de la *Transylvanie* alimentent encore, en grande partie, les usines de traitement de l'Autriche-Hongrie dont la production n'a été que de 1,460 tonnes en 1876.

La *Russie* possède en Sibérie et dans les monts Ourals des richesses métalliques dont la découverte et l'exploitation remontent à une époque fort reculée. Actuellement, les gites qui alimentent, pour la plus large part, la métallurgie russe sont ceux de l'Oural et du Caucase. Les minerais de l'Oural forment deux groupes bien distincts, dont l'un est constitué par du cuivre oxydé ou carbonate et l'autre par divers sulfures de cuivre. Les minerais envoyés par le prince Demidoff à l'Exposition de Paris, en 1878, ont frappé vivement les regards des visiteurs par la variété des combinaisons formées par ce métal et les divers éléments de la nature. Les usines du prince Demidoff contribuent pour une part de 1,150 tonnes dans le chiffre de 4,261 tonnes qui représente le poids total du cuivre extrait en 1876 de 88,400 tonnes de minerai. La Russie exporte, en outre, 15,500 tonnes de minerais en nature.

Les mines de *Suède* ont envoyé, dès le XIIIe siècle, du cuivre sur les marchés de l'Europe centrale et méridionale; le métal suédois s'est fait remarquer, dès l'origine, par une très grande pureté et actuellement encore il est fort recherché.

La plus importante des mines de Suède est celle de Fahlun, exploitée, dit-on, depuis près de mille ans; elle a fourni, en 1875, 20,000 tonnes de minerai, soit les deux tiers de l'extraction totale qui s'est élevée, durant cette année, au chiffre de 29,700 tonnes; l'autre tiers est fourni par les gites de Linkœping, Orébro et Astersund.

La *Norwège* entre pour un faible chiffre dans la production du cuivre; ses mines les plus importantes sont celles de Rôraas et Drontheim.

L'extraction et la métallurgie du cuivre sont d'une date relativement récente en *France*. Sur les 88 gisements découverts, quatre seulement ont été exploités; les plus importants, ceux de Chessy et Saint-Bel (Rhône), l'ont été avec profit pendant quelques années, mais actuellement ils sont épuisés. Le poids de minerai extrait, en 1877, s'élève au chiffre de 6,300 tonnes, provenant, pour plus de moitié, du département de l'Allier où l'on a découvert, il y a quelques années, un important gisement de cuivre panaché et pyriteux, à la Prugne.

La métallurgie française s'adresse à l'étranger pour satisfaire les besoins de ses usines et il arrive, notamment du Chili et du Lac supérieur, une quantité de minerai telle qu'on a pu produire, en 1877, 6,882 tonnes de cuivre. Notre colonie d'*Algérie* a contribué, pour sa part, à alimenter l'industrie française; il a été extrait, en 1877, près de 6,000 tonnes de minerai provenant surtout d'Aïn-Barbar, au nord-ouest de Bône. Enfin, la *Nouvelle-Calédonie* possède à Balade un gîte important de minerai contenant, en moyenne, 18 0/0 de cuivre (1).

Les pays de l'Europe méridionale renferment de belles mines de cuivre, mais elles exportent, en général, la plus grande partie du minerai en nature.

Les mines les plus importantes d'*Italie* sont celles de Monte-Catini, en Toscane.

L'*Espagne* possède à Rio-Tinto, dans la province de Huelva, un gisement très important de pyrite de fer mélangée de pyrite cuivreuse qui est expédiée surtout en Angleterre où l'on utilise l'acide sulfureux produit par le grillage, pour fabriquer de l'acide sulfurique; le résidu grillé constitue un minerai de cuivre assez riche. La région métallifère de Huelva se prolonge en Portugal, où l'on exploite, à San-Domingos, Aljustrel et Grandola

(1) L'extraction qui s'est élevée à 2,300 tonnes, en 1876, a plus que doublé en 1878.

de puissants amas pyriteux qui s'étendent sur une longueur de 110 kilomètres.

En Asie, il existe des gisements étendus en Arménie dont l'exploitation est nulle, à cause de l'absence de combustible et de moyens de transport.

Le Japon et la Chine exploitent depuis très longtemps le minerai de cuivre qu'on rencontre dans ces pays en assez grande abondance.

La production du *Japon*, a été, en 1875, de 3,000 tonnes d'une valeur de 4,600,000 francs.

L'*Amérique centrale et méridionale*, cette terre classique des métaux précieux, n'est pas moins favorisée sous le rapport du cuivre.

Les *Etats-Unis* possèdent des mines splendides, celles du Lac supérieur, les gisements de Copperopolis dans le comté de Calaveras, en Californie, sont très considérables; les Etats d'Arizona et de Nevada occupent également un rang important.

Les mines du *Mexique* ont été longtemps célèbres, mais l'état d'anarchie dans lequel vit presque continuellement ce beau pays fait qu'aucune exploitation sérieuse n'a pu s'y développer. Il n'en est pas de même du *Chili* et du *Pérou* qui contribuent, dans une très large proportion, à alimenter les établissements métallurgiques d'Europe.

Enfin, nous terminerons l'exposé historique du développement de l'industrie du cuivre dans le monde entier en parlant de l'*Australie*, où le développement de cette industrie a pris des proportions incroyables. L'Australie du Sud tient le premier rang avec ses belles mines de Wallaroo, Moonta, Burra-Burra et North-Yelta, où le cuivre se rencontre, soit à l'état natif, soit à l'état de combinaisons sulfurées. Les usines de Port-Adélaïde où sont surtout traités ces minerais ont exporté, en 1876, environ 10,000 tonnes de cuivre d'une valeur de 15 millions de francs. La Nouvelle-Galles du Sud possède également de riches filons cuivreux dont les minerais, consistant en cuivre sulfuré, oxydé ou carbonaté, renferment de 9 à 49 0/0 de métal; la production du cuivre qui, en 1858, représentait une valeur de 35,000 francs, s'est élevée, en 1878, à 5,219 tonnes de cuivre d'une valeur de 8,600,000 francs.

Les colonies de Queensland et Victoria possèdent également de belles mines où le cuivre se présente sous les aspects très divers, d'oxyde, sulfure et carbonate.

Etat naturel : 1° *Cuivre natif.* Se rencontre fréquemment, dans certains minerais de cuivre, en grains isolés ou en lamelles minces ou bien en masses compactes. Les plus riches dépôts de cuivre natif connus sont ceux du Lac Supérieur, dans l'Amérique du Nord, d'où on a retiré, en 1858, jusqu'à 6,000 tonnes de métal.

M. Petherick rapporte qu'à Minnesota quarante hommes furent occupés en 1854, pendant douze mois, à couper un seul bloc de cuivre natif pesant environ 500 tonnes. Le cuivre natif n'est pas absolument pur, ainsi que le montrent les analyses suivantes :

Eléments de l'analyse	Cuivre natif du Brésil	Cuivre natif du Lac supérieur, Hautefeuille
Cuivre.	99.52	92.660
Argent.	0.30	7.314
Or.	0.08	»
Fer.	0.10	»
Mercure. . . .	»	0.026
	100.00	100.000

Une quantité considérable de cuivre natif du Chili est importée à Swansea, sous le nom de *coro coro*; le cuivre se trouve mélangé, dans la proportion de 60 à 85 0/0, à du sable quartzeux.

2° *Oxyde rouge de cuivre ou cuivre oxydulé* (Cu^2O). Contient, à l'état pur, 88 1/2 0/0 de cuivre. Il se rencontre dans les minerais de Cornwall, de l'Amérique du Sud et surtout d'Australie.

3° *Oxyde noir de cuivre* (CuO). Quand il est pur, il contient 79,8 0/0 de cuivre; on le trouve au lac Supérieur.

4° *Carbonate vert de cuivre ou malachite* (CuO, Co^2CuO, H^2O (at.). Contient, lorsqu'il est pur, 57,3 0/0 de cuivre. Se rencontre fréquemment associé aux autres minerais de cuivre. On a importé de très grandes quantités de malachite presque pure, de l'Australie du Sud.

5° *Carbonate bleu de cuivre ou azurile* $2CuO, CO^2 + CuO, H^2O$ (at.). Renferme, à l'état pur, 55,1 0/0 de cuivre. On a retiré autrefois beaucoup de ce minerai à Chessy, près de Lyon; mais actuellement la mine est épuisée. La malachite de provenance australienne contient souvent ce carbonate.

Le cuivre extrait des combinaisons que nous venons d'énumérer est généralement très pur.

6° *Cuivre sulfuré, vitreux ou gris* Cu^2S. A l'état pur, contient 79,8 0/0 de cuivre; généralement, il renferme du fer dans une proportion variant entre 0,5 et 3,3 0/0 (Rammelsberg). Ce minerai est extrait surtout dans le Cornwall.

7° *Cuivre pourpre ou panaché* $3Cu^2S, Fe^2S$. Renferme, lorsqu'il ne tient aucun corps étranger, 55,5 0/0 de cuivre. Se rencontre rarement cristallisé. Les analyses effectuées par Rammelsberg montrent que la composition du cuivre panaché est assez variable et que la formule ci-dessus n'a rien d'absolu.

Les résultats obtenus par ce chimiste l'ont conduit à trois classes de minerais assez nettement tranchées :

1re classe : Minerai contenant 56 à 58 0/0 de cuivre;

2e classe : Minerai contenant 60 à 64 0/0 de cuivre,

3e classe : Minerai contenant 70 0/0 de cuivre.

8° *Cuivre pyriteux ou minerai jaune* $Cu^2S + Fe^2S^3$. La formule que nous donnons conduit à un chiffre de 34,8 0/0 de cuivre pur.

C'est le minerai le plus abondant; on le rencontre surtout dans le Cornwall, le Devonshire, l'île de Cuba et dans l'Amérique du Sud. Il est le plus souvent associé à la pyrite de fer.

9° *Cuivre gris ou fahlherz.* La composition de ce minerai est très complexe; il renferme, soit de l'arsenic, soit de l'antimoine et assez fréquemment les deux. Le tableau suivant donnera une idée de la variabilité des éléments du cuivre gris.

Certains minerais renferment du mercure dans une proportion variant de 0,52 à 17,87 0/0; ces minerais se rencontrent surtout en Hongrie, dans le Tyrol et en Toscane.

10° *Chrysocole.* Ce minerai est un silicate de protoxyde de cuivre hydraté dont voici deux analyses :

	Cuivre	Antimoine	Arsenic	Argent	Fer	Zinc	Soufre
1° *Minerais antimonieux.*							
Neudorf (Harz)..	30.47	26.56	»	10.48	3.52	3.39	24.80
Clausthal.	34.48	28.24	»	4.97	2.27	5.55	24.73
Durango (Mexique).	37.11	25.97	»	1.09	4.42	5.02	23.76
2° *Minerais arsénieux.*							
Tresavean (Cornwall).	47.70	»	12.46	»	9.75	»	30.25
Freyberg.	41.07	»	18.87	»	2.22	8.89	28.11
Modum (Norwège).	42.60	»	19.01	»	9.21	»	29.18
3° *Minerais arsénieux et antimonieux.*							
Dillenburg.	38.42	25.27	2.26	0.83	1.52	6.85	25.03
Gersdorf (Freiberg).	38.63	16.52	7.21	2.37	4.89	2.76	26.33
Caroline du Nord (Etats-Unis)	30.73	17.76	11.55	10.53	1.42	2.53	25.48

	Lac supérieur	Chili
Silice.	32.55	40.09
Protoxyde de cuivre.	42.32	27.97
Sesquioxyde de fer.	1.63	4.94
Chaux	1.76	1.49
Magnésie.	1.06	0.78
Eau	20.68	24.73
	100.00	100.00

11° *Atacamite.* C'est un oxychlorure de cuivre hydraté, dont la formule est $CuCl^2 + 3CuO$ (at.), combiné avec plus ou moins d'eau. On le rencontre au Chili et sur divers points de la côte occidentale de l'Amérique du Sud.

MÉTALLURGIE DU CUIVRE.

Nous savons peu de chose de la métallurgie du cuivre chez les anciens. Cependant, il est bien prouvé maintenant que l'*âge de bronze* a succédé à l'*âge de pierre* et a précédé l'*âge de fer*. La fabrication du *bronze* suppose comme l'extraction du cuivre et de l'étain de leurs minerais respectifs. Il faut donc qu'avant la guerre de Troie, les anciens aient su réduire les minerais de cuivre. Il est probable que le *cuivre natif* est la première forme sous laquelle l'homme a cherché à s'approprier ce métal. Mais comme ce minéral n'est généralement pas très répandu dans l'ancien monde, il a fallu recourir de bonne heure aux minerais sulfurés qui sont les plus abondants.

Le *grillage* du sulfure de cuivre et de fer, suivi d'une *fusion* dans un bas foyer, en présence du charbon de bois, est la méthode simple, qui a dû se présenter la première à l'esprit et c'est encore le fond de la métallurgie actuelle du cuivre. Il est probable que de grands gisements de minerais de cuivre, d'une extraction facile, devaient se rencontrer dans l'île de Chypre, car Pline nous apprend que le cuivre de cette île était connu sur le marché de Rome, sous le nom d'*æs cyprium*, d'où l'on a fait *cuprum* en latin, *cuivre* en français et *copper* en anglais.

Nous passerons en revue les différents procédés d'extraction du cuivre, actuellement usités.

Méthode galloise. Le voisinage des mines du Cornouailles, l'abondance et le bon marché de la houille dans le Sud du pays de Galles; plus tard la facilité des arrivages par mer des minerais étrangers, ont amené, dès les premières années du XVIII^e^ siècle, la création d'une grande métallurgie du cuivre à Swansea, sur le canal de Bristol.

La méthode galloise, ou du pays de Galles, n'emploie que des *fours à reverbère*, qui se composent d'une aire plus ou moins plane, la *sole*, sur laquelle se passent les réactions et qui est séparée par un mur en briques (*pont* ou *autel*), d'une grille où se brûle le combustible. Le tout est recouvert d'une voûte en briques servant à chauffer par *réverbération* les matières placées sur la sole. Les flammes, accompagnées des produits gazeux de la réaction, s'échappent, à l'extrémité de la sole, par un conduit appelé *rampant* et vont de là dans une cheminée. On amène, par des mélanges convenables, le minerai à traiter, à avoir une richesse de 8 à 10 0/0 de cuivre.

1° *Grillage.* Dans un four à reverbère (fig. 696 et 697), on introduit, au moyen de sortes d'entonnoirs rectangulaires ou *trémies*, qui percent la sole en trois ou quatre endroits, une charge de 3,000 à 3,500 kilogrammes de minerai, généralement en morceaux assez menus. Par des portes de travail, on égalise, avec des outils en fer, la surface du minerai et on élève peu à peu la température, en ayant soin de brasser souvent, pour que toutes les parties soient exposées successivement à l'action oxydante de l'air qui entre par les portes. Cette opération dure de douze à vingt-quatre heures, suivant la nature des minerais. Il se forme une grande quantité d'acide sulfureux, car les produits gazeux qui s'échappent des fours de grillage ont donné en moyenne :

Azote	80 à 82 0/0
Oxygène.	8 à 9
Acide carbonique.	1
Acide sulfureux.	9 à 10

Autrefois, et jusqu'à ces dernières années, tout l'acide sulfureux des minerais de cuivre traités à Swansea, était déversé dans l'atmosphère. Il en est résulté, surtout dans la direction des vents régnants (S.-O. et S.-E.), la destruction complète de toute végétation autour de Swansea et de Landore.

L'introduction de chimistes allemands dans les usines à cuivre de Swansea a amené l'utilisation, au moins partielle, de tout cet acide sulfureux, pour la fabrication de l'acide sulfurique. Les gaz, au sortir des fours de grillage, se rendent dans des chambres de plomb, où ils sont transformés en acide sulfurique impur et étendu, que l'on utilise à la fabrication des superphosphates de

chaux. On emploie même, dans ce but, des fours à cascade, du type Gerstenhœfer, comme ceux qui servent au grillage des pyrites dans les fabriques de produits chimiques. On se rendra compte de l'importance du soufre à recueillir, quand on saura qu'à Swansea seulement on traite annuellement près de 150,000 tonnes de minerais de cuivre, renfermant plus de 30,000 tonnes de soufre. Actuellement, cette utilisation du soufre des minerais de cuivre n'est que partielle, car Swansea continue d'être recouvert, par tous les temps, d'un nuage blanc, où l'acide sulfurique se trouve en assez grande quantité, grâce à l'oxydation de l'acide sulfureux en présence de la vapeur d'eau atmosphérique.

Le minerai grillé renferme tout le *cuivre*, le *fer* et la *silice*, mais une partie du *soufre* seulement. Lorsque l'opération est considérée comme terminée, l'ouvrier pousse avec son outil le minerai dans des trous qui sont pratiqués dans la sole et le fait tomber dans le sous-sol, où on l'asperge d'eau pour le refroidir et arrêter le dégagement d'acide sulfureux.

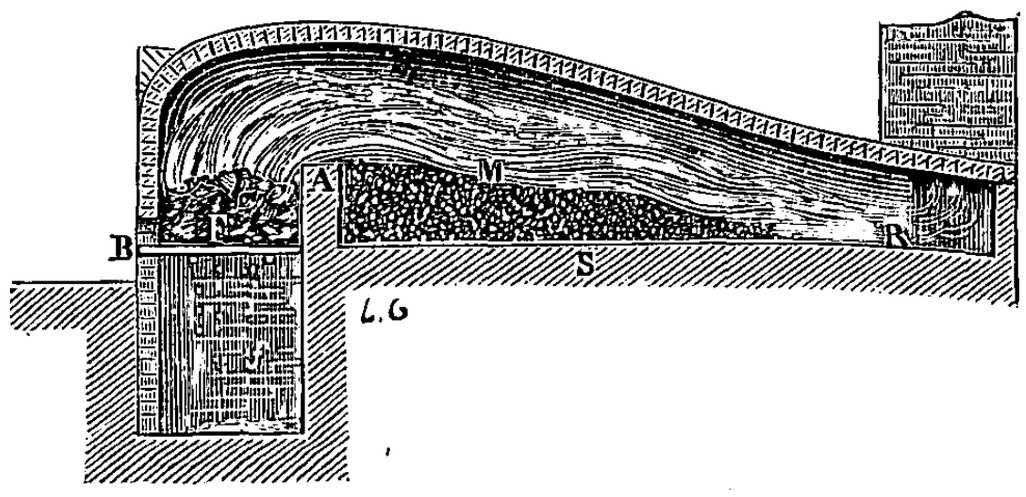


Fig. 696. — *Four de grillage de Swansea. Coupe longitudinale.*
S Sole. — *F* Foyer. — *R* Rempart. — *B* Barreaux de grille. — *F* Fosse des mâchefers. *M* Minerai sur la sole. — *A* Autel ou pont.

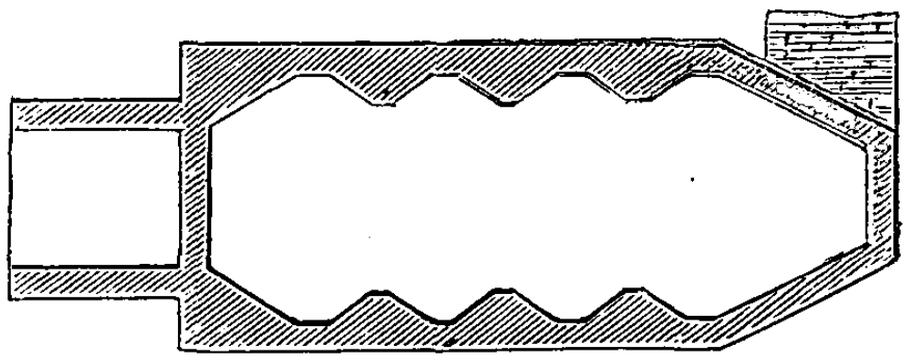


Fig. 697. — *Four de grillage de Swansea. Coupe horizontale.*

2° *Fonte pour matte bronze* (coarse metal). Le minerai grillé est placé dans un *four de fusion*, qui diffère peu du four de grillage (fig. 698). On l'introduit par une trémie au-dessus de la voûte et on ajoute des scories cuivreuses des opérations subséquentes. On obtient des *scories pauvres*, qui sont rejetées et qui ont la composition suivante :

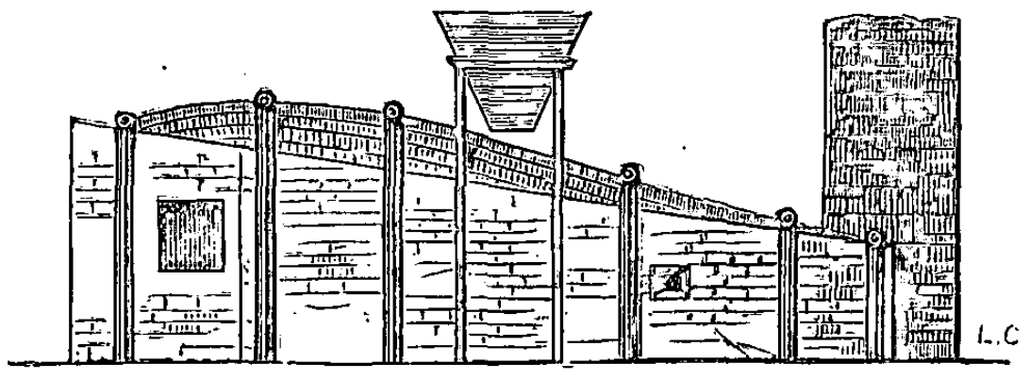


Fig. 698. — *Four de fusion de Swansea. Elévation latérale.*

Silice	60
Alumine	2
Protoxyde de fer	28
Chaux	2
Cuivre	0.5
Autres matières	7.5
	100.0

Le cuivre se concentre dans un sulfure de fer et de cuivre appelé *matte* et qui renferme

Cuivre	21 à 39
Fer	21
Soufre	45 à 25

Cette matte, que l'on coule en filet mince dans un bassin rempli d'eau, se granule et est friable. Sa cassure est généralement bulleuse et d'une couleur brun verdâtre.

La fusion dure cinq à six heures et est accompagnée de brassages fréquents.

3° *Grillage de la matte bronze.* La matte bronze, concassée en petits fragments par la granulation à laquelle on l'a soumise à la coulée, est grillée dans un four analogue à celui qui a servi pour le minerai. Voici la transformation subie par la matte pendant le grillage :

	Avant grillage	Après grillage
Cuivre	32	33
Fer	36	36
Soufre	25	13
Oxygène	»	11
Autres matières	7	7
	100	100

Une quantité considérable de soufre se dégage pendant ce grillage, à l'état d'acide sulfureux et d'acide sulfurique.

4° *Fonte pour matte blanche.* La matte bronze grillée est fondue dans un four à reverbère avec une des scories riches en cuivre et provenant des opérations suivantes. On obtient une scorie qui renferme jusqu'à 2 0/0 de cuivre, et une nouvelle matte, appelée *matte blanche* (white metal). La scorie est repassée dans la fusion pour matte bronze. La matte blanche renferme :

Cuivre	73 à 77
Fer	1 à 0,5
Soufre	21

5° *Rôtissage de la matte blanche* (Roasting). Cette opération, qui a pour but d'enlever la majeure partie du soufre combiné au cuivre, se fait dans un four semblable aux fours de fusion, mais où l'air entre par des orifices pratiqués sous l'autel.

La matte introduite sous forme de saumons est chauffée pendant six à huit heures et se liquéfie goutte à goutte. Il se forme, sur la matte fondue,

une écume, que l'on enlève immédiatement après la fusion et au moment de la coulée.

6° *Fusion pour cuivre noir* (Smelting). Quand le rôtissage est terminé, on laisse tomber la température du four jusqu'à ce que la masse se solidifie en dégageant des bulles de gaz.

On donne ensuite un coup de feu et on obtient le *cuivre noir* ou *blister copper*, qui a la composition suivante.

Cuivre..	97.5 à 98.5
Fer.	0.7 à 0.5
Etain, antimoine.	0 à 1
Soufre.	0.1 à 0.3
Oxygène..	0.5 à 0.6

Quant à la scorie, elle est riche en cuivre et on la repasse dans la fonte pour matte blanche.

Silice..	28 à 47
Oxyde de cuivre.	16 à 45
Oxyde de fer	28 à 25
Sulfure de cuivre.	3 à 4

7° *Affinage pour cuivre rouge*. Cette opération, qui a pour but de produire du cuivre marchand, se fait dans un four à reverbère dont la sole est inclinée vers le trou de coulée, comme dans les fours à fondre la fonte. On charge de 6 à 8 tonnes de cuivre noir, que l'on soumet, pendant une quinzaine d'heures, à une action oxydante, que l'on termine par un brassage naturel, au moyen d'une perche de bois vert. Celle-ci, en se carbonisant, dégage, au sein de la masse métallique, des gaz carbonés mélangés de vapeur d'eau, tandis que la surface du bain est recouverte d'une couche de charbon anthraciteux. Quand, au moyen d'une prise d'essai faite avec une cuiller, l'ouvrier juge l'affinage terminé, il enlève la perche, refoule la couche de houille à une extrémité du four et coule le métal au moyen de la cuiller.

Tel est, actuellement, l'ensemble des opérations usitées aux usines Vivian, à Swansea. Autrefois, cette longue série de grillages et de fusion était encore plus nombreuse et on obtenait des mattes intermédiaires : *matte bleue*, *matte rouge*, dont on a reconnu l'inutilité, en ayant soin de diminuer la proportion de minerais impurs.

Le cuivre, ainsi obtenu par la méthode galloise, est assez pur ; l'arsenic, l'antimoine s'éliminent assez bien, grâce aux grillages et aux fusions successives, grâce aussi à la précaution que l'on prend de noyer les minerais impurs dans une grande quantité de minerais purs. Le côté faible de la méthode galloise, c'est la grande consommation de combustible. Une tonne de cuivre provenant du traitement de minerais à 10 0/0 ne demande pas moins de 15 à 18 tonnes de houille. On comprend que de semblables procédés ne puissent être appliqués que dans des pays où la houille ne coûte que 6 à 7 francs la tonne.

Traitement des minerais de Cuivre au Chili. L'abondance des minerais de cuivre du Chili a produit, depuis une trentaine d'années, une baisse notable sur le prix du cuivre. La méthode employée au Chili diffère sensiblement de celle que nous voyons pratiquer en Angleterre.

1° *Fonte pour matte*. Dans une première opération, on cherche à concentrer le métal dans une matte à 60 0/0 de cuivre, tout en produisant des scories pauvres, ne renfermant que 1 0/0. Un premier grillage n'est pas nécessaire, parce qu'une bonne partie des minerais est à l'état d'oxyde, de carbonate ou de chlorure. Cette fonte pour matte se fait dans des fours à reverbère, avec la houille du pays. On passe, par vingt-quatre heures, jusqu'à 12 tonnes de minerai renfermant en moyenne 12 0/0 de cuivre, et la charge traitée à la fois est de 3 tonnes.

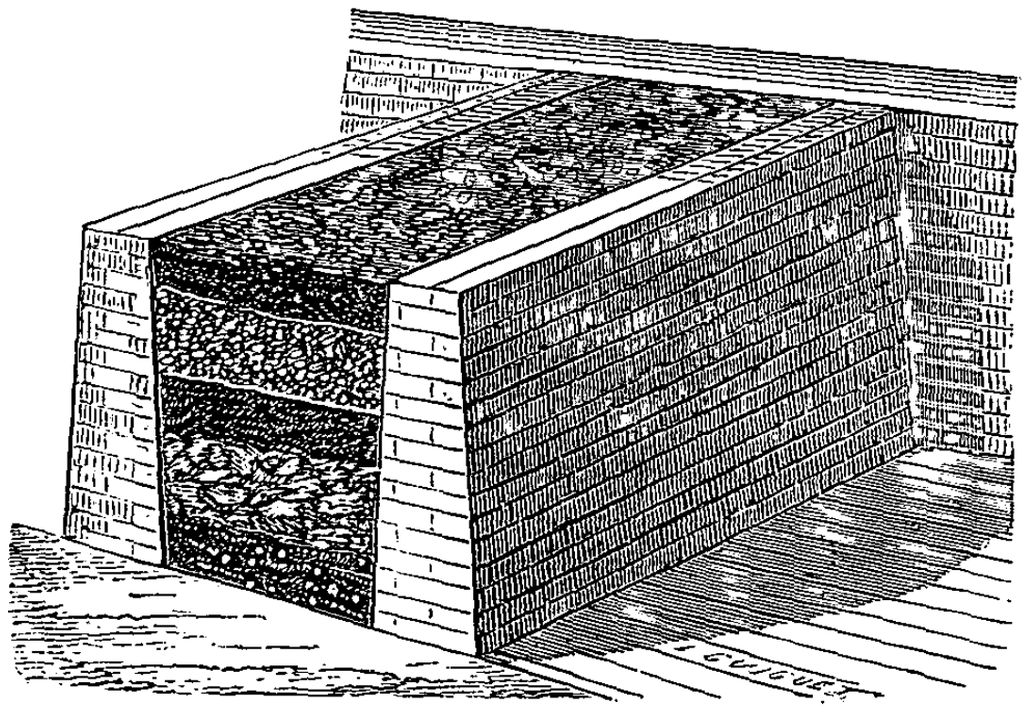


Fig. 699. — *Cases de grillage en Suède.*

2° *Grillage de la matte et fusion pour deuxième matte.*

3° *Rôtissage et fusion pour cuivre noir*. Toutes ces opérations se font dans des fours à reverbère et le cuivre impur ainsi obtenu est envoyé en Angleterre et en France, pour y être affiné pour cuivre rouge.

Traitement des minerais de cuivre en Suède. La métallurgie du cuivre est relativement peu importante en Suède ; cependant elle demande à être exposée ; ses procédés diffèrant sensiblement de ceux que nous avons déjà indiqués.

1° *Grillage du minerai en cases*. Une série de cases est formée par un long mur de 3 mètres de hauteur, auquel viennent s'accoler des murs perpendiculaires de 7 à 8 mètres de longueur et également espacés de 7 à 8 mètres. On détermine ainsi (fig. 699) des espaces rectangulaires, fermés de trois côtés, le quatrième restant ouvert. Pour charger une case, on commence par mettre une couche de bois de $0^m,30$, puis environ 1 mètre d'épaisseur de minerai en gros morceaux ; on met une couche de menu charbon de bois, puis 1 mètre de minerai, une nouvelle couche de charbon de bois et on termine le tas par du minerai menu. On met le feu par le bas et la combustion dure de quatre à six semaines. Ce mode de grillage est économique, comme combustible et comme main-d'œuvre, mais il est très imparfait.

2° *Fusion pour matte*. Le minerai grillé doit renfermer encore assez de soufre pour pouvoir pro-

duire une matte ayant de 20 à 30 0/0 de cuivre. Cette fusion se fait dans un petit haut-fourneau appelé *four à manche* (fig. 700). C'est une cuve quadrangulaire ouverte par le haut et se terminant en bas par une cavité peu profonde que l'on appelle le *creuset* et qui est recouverte de *brasque* charbon de bois menu mélangé d'argile. Les parois sont en maçonnerie ordinaire, avec un revêtement en matériaux réfractaires, le plus souvent en schistes micacés ou en talc ; ces deux parties du fourneau, qui s'enveloppent l'une l'autre, portent le nom de *chemise réfractaire* et *chemise ordinaire*; elles sont séparées par un espace vide, que l'on remplit de sable, pour empêcher la chaleur de se communiquer de l'une à l'autre. Un semblable fourneau a environ 7 mètres de hauteur et une section de 1 mètre sur 0m,50; les tuyères sont au nombre de trois ou quatre, juxtaposées, et le vent est donné par une machine actionnée par une chute d'eau.

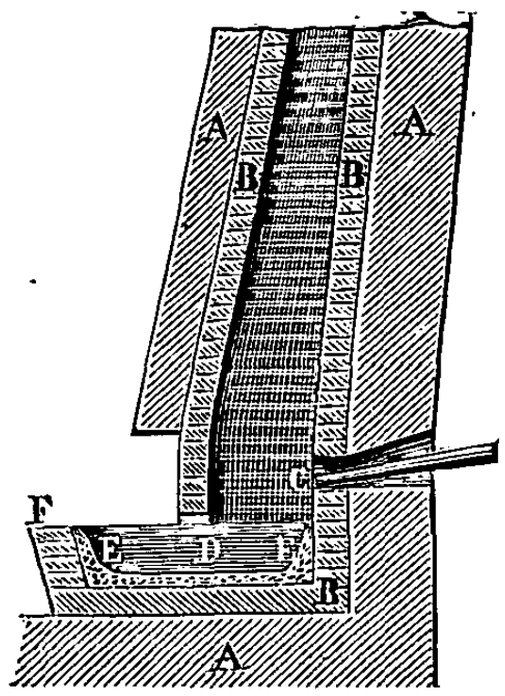


Fig. 700. — *Four à minerai de cuivre grillé (Suède).*

A Cheminée en briques ordinaires. — *B* Chemise réfractaire. — *C* Tuyère. — *D* Creuset. — *E* Brasque du creuset. — *F* Avant-creuset.

Le combustible employé est du coke qui vient d'Angleterre et, vraisemblablement, coûte fort cher. On ajoute au minerai grillé des scories de cuivre noir renfermant du protoxyde de fer, et on cherche à obtenir une scorie de protoxyde de fer assez fluide pour permettre uue bonne séparation de la matte, et cependant qui ne soit pas assez chargée en silice pour corroder les parois et la brasque du creuset. La séparation de la matte et de la scorie se fait dans le creuset, par ordre de densité, la matte occupant le fond du bain, tandis que la scorie, plus légère, surnage et s'écoule par un orifice pratiqué à la partie supérieure. La scorie est considérée comme stérile quand elle ne renferme pas plus de 1/4 à 1/2 0/0 de cuivre ; on ne coule que quand le fond du creuset est plein de matte, ce qui n'a lieu que tous les deux ou trois jours ; la matte est coulée en plaques minces, qu'il est facile de briser en menus fragments, de la grosseur du poing au maximum.

3° *Grillage de la matte.* La matte obtenue, qui renferme environ 20 0/0 de cuivre, est grillée dans des cases présentant un rectangle de 3m,25 de longueur sur 1m,50 de largeur et autant de hauteur. Elles sont, comme on le voit, beaucoup plus petites que les cases à griller le minerai, et cela pour deux raisons : la fusion et le premier grillage ont beaucoup réduit la matière utile et l'élimination du soufre demandant à être laissée moins au hasard ; les tas doivent être moins volumineux, pour qu'avec des ouvreaux on puisse régler la combustion. On étend sur le sol un premier lit de bois, puis on remplit avec la matte concassée et on cherche à obtenir un *grillage à mort*, c'est-à-dire qui expulse la totalité du soufre. On n'y arrive qu'après une série de grillages répétés jusqu'à six fois ; naturellement, l'élément combustible diminuant à chaque nouveau grillage, par l'expulsion progressive du soufre, la proportion de charbon de bois va en augmentant à chaque nouvelle opération, dont l'ensemble dure environ deux mois.

4° *Fonte pour cuivre noir.* La matte grillée à mort est fondue avec des scories d'affinage et autres matières cuivreuses, dans un four à manche analogue au four qui a servi à produire la matte, mais de dimensions plus petites. Il n'a guère que 5 mètres de hauteur et un rectangle de 0m,75 sur 1m,34 dans la partie renflée, qui se trouve vers le milieu de la hauteur ; il se rétrécit vers la partie supérieure ou *gueulard*, et vers le creuset. Il n'y a que deux tuyères.

On obtient, par cette fusion, trois matières superposées, par ordre de densité, dans le creuset : Le *cuivre noir*, renfermant

Cuivre	94
Fer	2
Zinc	1

Une *matte* contenant 60 à 70 0/0 de cuivre, et de la *scorie* riche, qui sont repassées dans la fonte pour première matte.

5° Le *raffinage du cuivre noir* se fait dans un bas foyer analogue à celui qui sert encore actuellement, dans le procédé Comtois, pour l'affinage de la fonte (fig. 701). C'est une cavité hémisphérique construite sur une plate-forme en briques et garnie d'un mélange de charbon de bois en poussière et d'argile. Une tuyère sert à introduire le vent.

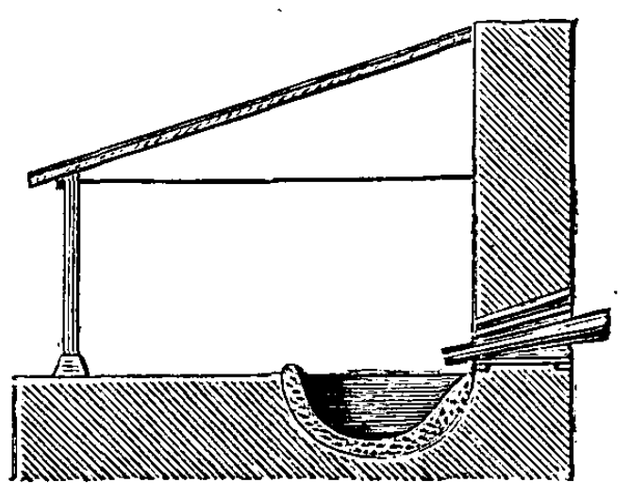


Fig. 701. — *Four de raffinage du cuivre noir, en Suède.*

On remplit le foyer de charbon de bois et on place des morceaux de cuivre noir en galettes ou en saumons, de manière à les amener à une fusion goutte à goutte devant la tuyère ; on affine ainsi 600 à 700 kilogrammes de cuivre noir à la fois. Sous l'action du courant d'air, les métaux étrangers mélangés au cuivre sont oxydés et passent dans la scorie à laquelle un peu de quartz en poudre communique la fluidité convenable ; cependant, la proportion de quartz ajoutée n'étant

pas suffisante pour scorifier tout le fer, il se forme des écumes ferrugineuses, que l'on enlève en les refroidissant par des projections d'eau et en arrêtant le vent.

On arrive ainsi à produire du cuivre à 99,5 0/0 avec des traces seulement de matières étrangères. Le *cuivre rosette* ainsi obtenu est généralement refondu dans le même foyer, mais en changeant l'inclinaison de la tuyère. On la rend presque horizontale, pour diminuer l'action oxydante. On forme alors des blocs ou saumons, de forme appropriée au martelage ou au laminage.

La méthode suédoise consomme presque autant de combustible que la méthode galloise, mais elle est moins rapide. Pour une tonne de cuivre, il faut environ 1 mètre de bois, 9 tonnes de charbon de bois et 3 à 4 tonnes de coke.

Fonte du cuivre dans le Mansfeld. Le nouveau grès rouge inférieur, ou *kupferschiefer* du terrain permien, renferme des schistes ardoisés, d'une teinte foncée, et dont 7 à 10 centimètres sont exploités pour cuivre. Ces schistes cuivreux sont formés d'argile, de silice, de calcaire, d'oxyde de fer et de matières bitumineuses, avec une teneur moyenne de 6 0/0. Le minerai est grillé en tas de 3 à 10 tonnes et cette opération lente dure souvent trois mois; en général, les matières bitumineuses renfermées dans le minerai suffisent à produire la température nécessaire à la combustion du soufre.

Le minerai grillé est fondu, avec addition de spath fluor, dans des demi-hauts-fourneaux de 6 mètres de hauteur. Il se forme de la matte et du cuivre noir, avec une scorie pauvre, qui est rejetée. Le vent est lancé par deux tuyères placées en face l'une de l'autre. L'avant-creuset se compose de deux bassins, dans lesquels la scorie s'écoule en cascade, en passant d'un compartiment à l'autre. et cela d'une manière continue.

La matte est grillée en cases, comme on opère en Suède; en général, il suffit de deux grillages, car on désire qu'il reste assez de soufre pour la production d'une nouvelle matte. Celle-ci est obtenue par fusion dans un four à reverbère; elle est soumise à une *désargentation* qui la transforme en oxyde de cuivre, que l'on fond pour cuivre marchand,

Traitement du cuivre a Perm (Russie). Les cuivres de Russie ont joui, pendant longtemps, d'une grande réputation de pureté. On les extrait encore actuellement des minerais siliceux de Miedno-Roudiansk, près de Nijni-Taguil, dans le gouvernement de Perm, et sur le versant oriental de l'Oural. Le minerai est un grès qui renferme en moyenne 2 1/2 0/0 de cuivre, à l'état de sulfure et aussi à l'état de carbonate. On le fond dans des demi-hauts-fourneaux de 4 mètres de hauteur et de section elliptique, avec du charbon de bois de pin. On obtient du *cuivre noir* renfermant

Cuivre	90.5
Fer	6.1
Vanadium	1.2

de la *fonte de fer cuivreuse* tenant :

Fer	75.9
Cuivre	12.6
Silicium	2.5
Vanadium	2.0

et des *scories* qui sont rejetées.

La *fonte cuivreuse* est fondue dans un bas-foyer, avec du charbon de bois et du sable. Il se forme du cuivre noir et un silicate de fer, en ayant soin de tenir la tuyère très inclinée. Tous les cuivres noirs sont fondus dans une sorte de four à reverbère, à sole brasquée (mélange d'argile et de charbon de bois en poudre) et affinés par l'action oxydante d'une tuyère. La charge est de 2 tonnes de cuivre noir; les matières étrangères, oxydées par le courant d'air, sont scorifiées par de la silice que l'on projette, sous forme de sable, pendant l'affinage. Les scories s'écoulent comme dans la coupellation du plomb. Le cuivre affiné est refondu dans un petit foyer et livré au commerce.

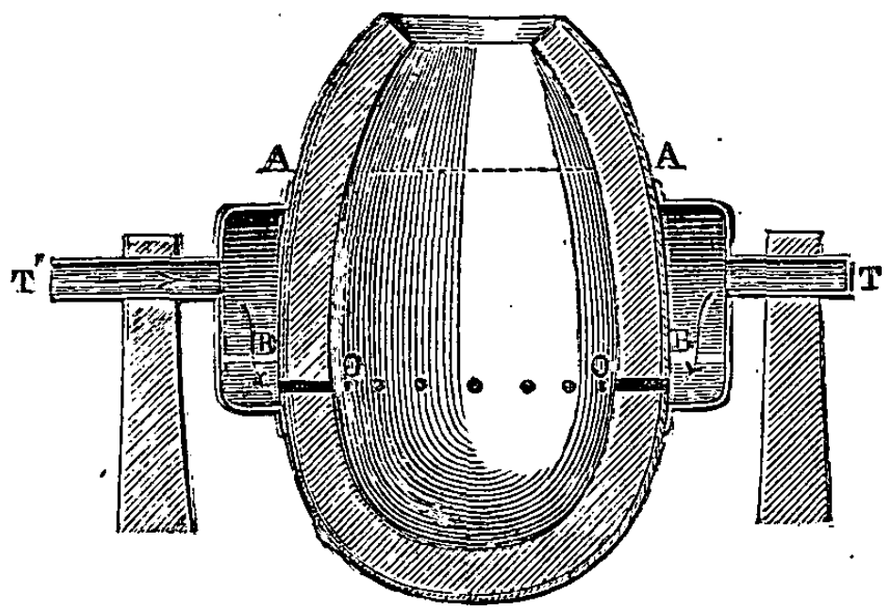


Fig. 702.

AB Boîte à vent. — *O* Orifices des tuyères. — *T* Tourillons creux par lesquels pénètre le vent.

Traitement du cuivre par l'appareil Bessemer. L'idée était venue à plusieurs personnes de traiter, dans le convertisseur Bessemer, les minerais de cuivre préalablement fondus. La solidification du cuivre, vers la fin de l'affinage, empâtait les tuyères placées, comme on sait, à la partie inférieure de l'appareil. M. Manhès, de Lyon, après des essais infructueux, a eu l'heureuse idée de disposer latéralement les tuyères qui amènent le vent, et réussit maintenant très bien.

La figure 702 montre la disposition du convertisseur dans le plan parallèle aux tourillons par lesquels arrive le vent.

Voici comment on opère à l'usine des Eguilles, près de Sorgues (Vaucluse).

Le minerai de cuivre est d'abord traité pour matte dans des demi-hauts-fourneaux.

La matte, ayant une richesse de 50 à 60 0/0 de cuivre, est introduite à l'état liquide dans le convertisseur. On charge 2 tonnes à la fois. On donne le vent, il se produit une quantité abondante d'acide sulfureux par l'action de l'air sur le soufre de la matte et le cuivre métallique, étant plus

dense, se rassemble dans le fond du convertisseur. Il se forme une scorie renfermant 2 à 3 0/0 de cuivre, que l'on repasse aux fourneaux qui produisent la matte. Cette scorie renferme aussi les impuretés tels que plomb, antimoine, zinc, dont une partie également est entraînée par les fumées.

Le cuivre obtenu ne renferme guère que 1 1/2 0/0 de matières étrangères et peut être soumis à un raffinage facile. Lorsque les minerais, que l'on traite, ne permettent pas d'obtenir une matte à 50 ou 60 0/0, on fait deux opérations successives : la première donne une matte riche; dans la deuxième, on affine cette matte pour cuivre. En effet, si on voulait traiter directement pour cuivre des mattes à 25 ou 30 0/0, il faudrait scorifier de 70 à 75 0/0 de matières et la chaleur, tout entière développée par la combustion du soufre, pourrait être insuffisante.

On comprend tout l'avantage de cette nouvelle métallurgie du cuivre; au lieu d'employer 15 à 20 tonnes de combustible par tonne de cuivre, en traitant des minerais à 8 ou 10 0/0, on emprunte la majeure partie de la chaleur nécessaire à un des éléments du minerai : le soufre. Pour les minerais oxydés, il faut les fondre d'abord pour matte avec une matière sulfurante.

Traitement des cuivres natifs du Lac supérieur (Amérique du nord). Les gisements de cuivre natif du Lac supérieur, dans l'état de Michigan, sont d'une très grande abondance. Quelques blocs de métal natif pèsent plusieurs centaines de tonnes et ce ne sont pas les plus faciles à traiter; la poudre ne peut les débiter, à cause de la malléabilité du cuivre, il faut les découper en morceaux, à la tranche et au marteau. La majeure partie du gisement se compose d'une roche imprégnée de cuivre natif; après pulvérisation, on fait une préparation mécanique et une simple fusion.

Traitement des minerais de cuivre par voie humide. Fabrication du cuivre a Rio-Tinto (Espagne). Il existe, dans l'Andalousie occidentale, au nord de Huelva, des gisements considérables de pyrite de fer légèrement cuivreuse. La difficulté des transports, malgré un chemin de fer spécial de plus de 60 kilomètres, ne permet que l'exportation des pyrites les plus riches en cuivre; on en utilise d'abord le soufre, dans la fabrication de l'acide sulfurique et les résidus sont ensuite traités pour cuivre par le procédé Henderson, que nous décrirons plus loin.

Les pyrites les plus pauvres en cuivre sont grillées, sur place, en énormes tas que l'on arrose, de manière à produire un peu de sulfate de fer renfermant tout le cuivre. Ces eaux cuivreuses se rendent dans des bassins où le cuivre est précipité par de la fonte.

$$CuOSO^3+Fe=FeOSO^3+Cu$$

Ce cuivre en poudre, dit *cuivre de cément*, est ensuite envoyé en Angleterre et sur le continent, pour y être raffiné. Quant au sulfate de fer, une partie est vendue et le reste s'écoule à la mer.

Le grand inconvénient de cette méthode d'extraction, c'est de brûler une grande quantité de pyrite pour en retirer seulement 1 à 2 0/0 de cuivre, tandis que sur d'autres points du globe ce minerai de soufre a une valeur relative assez grande. La végétation aux environs de Rio-Tinto est détruite, plus profondément encore qu'à Swansea, où les vents de mer dispersent assez rapidement les gaz nuisibles en les diluant beaucoup. Si l'acide sulfurique était d'un transport facile, on pourrait utiliser l'acide sulfureux produit, mais le fret en est trop cher. De plus, on consomme une grande quantité de fonte pour la précipitation du cuivre, près de 80,000 tonnes par an à Rio-Tinto et les droits d'entrée sont élevés. Dans ces dernières années, on a beaucoup cherché à perfectionner cette méthode par voie humide, mais rien n'est encore adopté d'une manière définitive. On a voulu extraire le sulfure de cuivre par l'action de l'acide chlorhydrique sur la pyrite non calcinée, en faisant agir le sulfate de fer sur le sel marin : on semble avoir réussi à désargenter les eaux cuivreuses par l'action de l'hydrogène sulfuré, obtenu en faisant agir la vapeur d'eau et l'air sur de la pyrite chauffée; la précipitation du cuivre a lieu après l'extraction de l'argent. Enfin, on construit en ce moment, à Rio-Tinto, des hauts-fourneaux pour produire la fonte nécessaire à la précipitation du cuivre, en employant les minerais de fer du pays et les résidus de grillage, avec les cokes d'Angleterre, venus comme frets de retour des pyrites, expédiées à Newcastle ou Glasgow. On évite ainsi les droits d'entrée sur les fontes.

Procédé Henderson pour le traitement des pyrites cuivreuses grillées. Les pyrites cuivreuses grillées pour acide sulfurique ne renferment plus guère que 1 à 2 0/0 de soufre, au plus, avec tout le cuivre et le fer. On grille ces pyrites en poudre avec du sel marin, dans un four à reverbère. Il se forme du chlorure de cuivre que l'on enlève par lessivage. Ces eaux cuivreuses sont traitées pour argent par l'iodure de potassium; tout l'argent du minerai étant à l'état de chlorure d'argent en dissolution dans le chlorure de cuivre, tandis que l'iodure y est insoluble : le cuivre est ensuite précipité par le fer ou la fonte. Quant au résidu du lessivage, c'est de l'oxyde de fer presque pur que l'on peut traiter au haut-fourneau ou employer comme garnissage des fours à puddler.

Préparation du cuivre pur. Il est utile, pour les chimistes, d'avoir, dans certains cas, du cuivre pur. La méthode de préparation la plus pratique. consiste à déplacer le cuivre de sa solution sulfatée, soit par une lame de fer, soit par électrolyse. Le métal qu'on obtient dans ces conditions renferme 4,4 fois son volume de gaz, qu'on peut éliminer par la chaleur et qui est formé de 3 vol. 4 d'hydrogène, 0 vol. 37 d'oxyde de carbone et 0 vol. 49 d'acide carbonique (Lenz). — F. G.

Propriétés physiques. Le cuivre cristallise en cubes ou dans d'autres formes qui en dérivent. D'une faible dureté, il est malléable et fort tenace; sous le rapport de la tenacité, il se place après le fer, car un fil de cuivre de 2 millimètres de diamètre ne se rompt que sous un effort de 137 kilo-

grammes. D'après Baudrimont (*Ann. de chim. et phys.*, t. xxx (3), la charge produisant la rupture d'un fil de cuivre de 1 millimètre de diamètre est de 25k,2 à 0°, de 21k,9 à 100° et de 19 kilogrammes à 200°. La ténacité du cuivre natif est particulièrement grande et M. Morgan rapporte qu'il a pu plier un morceau de cuivre du Chili de 0m,01 de diamètre 48 fois avant de le rompre.

Le cuivre peut être réduit en feuilles très ténues qui, vues par transparence, laissent passer une lumière verte. Le métal possède naturellement, par réflexion, la couleur complémentaire, qui est le rouge; on peut rendre cette coloration manifeste par des réflexions successives à la surface interne d'un vase de cuivre poli.

La ductilité du cuivre à la filière est comprise entre celle du nickel et celle du zinc. Au laminoir, elle est plus forte et comprise entre celle de l'argent et celle de l'étain. Une petite quantité de certains métaux ou métalloïdes change les propriétés physiques du cuivre; ainsi, la présence de 0,05 0/0 d'oxygène diminue notablement la ténacité du métal, sans altérer sensiblement la malléabilité. Le soufre rend le cuivre cassant lorsque sa proportion atteint 0,50 0/0. L'arsenic, dans la proportion de 1 0/0, rend le cuivre cassant à chaud, mais non à froid; ce dernier effet est produit en additionnant le métal de 2 0/0 d'arseniate de cuivre. L'antimoine et les antimoniates exercent une influence analogue.

En général les métaux, sauf le plomb, nuisent plus au cuivre lorsqu'ils sont ajoutés à l'état d'oxydes que lorsqu'on les mêle à l'état libre. L'influence du plomb n'est sensible que pour une teneur de 0,3 0/0; avec 0,4 0/0, le cuivre devient très cassant; il se laisse encore laminer, mais se déchire par la flexion. Quant au bismuth, il suffit de 0,02 0/0 de ce métal pour altérer la malléabilité du cuivre (Hamp, *Bull. soc. chim.*, t. xxiv et xxvii).

Les auteurs sont peu d'accord sur le point de fusion du cuivre : Pouillet a donné le chiffre de 1,200°, Daniell celui de 1,400°, et récemment M. Van Riemsdyck a indiqué 1330° (*Chem. News*, t. xx).

Le cuivre est faiblement diamagnétique. Sa chaleur spécifique est de 0,09515 entre 0 et 100° (Regnault). Son coefficient de dilatation linéaire est égal à 0,00001866. Dulong a indiqué comme coefficient de dilatation cubique le chiffre de 0,0000515. La conductibilité calorifique du cuivre est de 898, celle de l'or étant égale à 1,000.

Densité du cuivre. Berzélius (*Traité de chimie*, t. ii) a trouvé que la densité du cuivre, après fusion, est de 8,83; celle du même métal façonné en barre ronde de deux lignes de diamètre, de 8,946, et aplatie dans le sens de sa longueur, de 8,9587. Marchand et Scheerer ont conclu, d'une suite d'expériences sur le cuivre étiré, que sa densité augmente très légèrement avec l'étirage, mais il n'y a pas d'accroissement correspondant dans la dureté. Le cuivre déposé par la pile au sein d'une solution de sulfate a une densité variant de 8,900 à 8,914. Enfin, Marchand et Scheerer ont trouvé que les densités de trois échantillons de cuivre natif cristallisé, laminés avec soin, étaient de 8,940, 8,935, 8,933.

Conductibilité électrique du cuivre. MM. Matthiessen et Holzmann ont publié (*Proceedings of the Royal Society*, 28 février 1861) une série de résultats fort intéressants concernant l'influence des métaux et des métalloïdes sur la conductibilité électrique du cuivre pur. — V. Electricité.

Le cuivre a une saveur sensible. Il communique à la flamme une coloration verte caractéristique.

Propriétés chimiques. Le cuivre ne s'altère pas dans l'air sec, mais il s'oxyde rapidement au rouge. En présence de l'air et de l'eau il est attaqué par les acides les plus faibles. Il se recouvre, par une longue exposition à l'air, d'une couche d'un hydro-carbonate basique et s'oxyde de même dans les solutions alcalines ou salines aérées. Les acides sulfurique et chlorhydrique n'agissent pas à froid sur le cuivre; mais en faisant chauffer le métal avec ces acides il est attaqué. L'acide nitrique réagit violemment sur le cuivre, à moins qu'il ne soit à son maximum de concentration. Dans ce cas, le cuivre reste passif comme le fer, mais il suffit d'étendre la liqueur pour provoquer une attaque très vive : il se forme alors du bioxyde d'azote, qui au contact de l'oxygène de l'air, se transforme en vapeurs rutilantes d'hypoazotide.

L'eau régale transforme aisément le cuivre en chlorure; le chlore sec l'attaque si fortement qu'une feuille de cuivre battu s'enflamme dans ce gaz. Une solution d'ammoniaque agitée dans un ballon plein d'air avec de la tournure de cuivre se colore très vite en bleu (Schœnbein, Peligot). Ce liquide possède la curieuse propriété de dissoudre la cellulose.

Usages. Le cuivre métallique, soit pur, soit allié à d'autres métaux, rend de très grands services à l'industrie. Les sucreries, les distilleries et les brasseries l'utilisent pour la confection de leurs appareils grâce à la précieuse qualité qu'il a de s'altérer infiniment moins que le fer en présence des liquides organiques. On l'emploie également pour le doublage des navires; la gravure en taille douce et l'impression des tissus lui doivent leurs planches et leurs cylindres. Le bronze dont on coule les statues et mille objets artistiques, le laiton qui se prête à des transformations sans nombre, le maillechort qui sert à fabriquer les couverts à bon marché, doivent au cuivre la majeure partie de leur poids. Ce métal sert à produire des couleurs vertes très belles, qui ont joui d'une très grande vogue autrefois. Enfin, le sulfate et l'acétate de cuivre sont employés sur une large échelle dans l'industrie.

Alliages de cuivre. Le cuivre s'allie avec beaucoup de métaux en donnant des mélanges jouissant de propriétés souvent très différentes de celles des composants. Nous donnerons ci-dessous quelques indications brèves au sujet des différents alliages utilisés ou utilisables dans l'industrie, renvoyant, pour plus de détails, aux articles spéciaux, en ce qui concerne les *bronzes*, le *laiton* et le *maillechort*.

Aluminium et cuivre. L'alliage de 90 parties de cuivre et 10 parties d'aluminium connu dans le commerce sous le nom de *bronze d'aluminium* (V. ce mot), est éminemment utile par sa ténacité plus grande que celle du fer, sa dureté et sa malléabilité. La couleur de cet alliage est celle de l'or vert.

Le bronze d'aluminium résiste beaucoup mieux aux agents chimiques que les autres alliages cuivreux; sa densité est, d'après M. Riche, égale à 7,705; la densité du bronze à 5 0/0 d'aluminium est de 8,252.

Antimoine et cuivre. Le cuivre allié à son poids d'antimoine donne un produit à structure lamellaire très fragile. Un millième et demi d'antimoine suffit pour rendre le cuivre cassant à froid et surtout au rouge.

Argent et cuivre. Ces deux métaux entrent dans la composition des alliages monétaires et d'orfèvrerie.

Les monnaies d'argent en France sont au titre de 900 millièmes (pièces de 5 francs) et de 835 millièmes (pièces de 2 francs, 1 franc, 50 et 20 centimes). Les médailles renferment plus d'argent; elles sont au titre de 0,950. Les alliages d'orfèvrerie sont au nombre de deux: le premier, employé pour vaisselle et argenterie, est à 0,950; le second est à 0,800. L'alliage actuel des monnaies françaises présente la composition suivante :

Argent.	81.5
Cuivre..	9.3
Zinc.	7.2

il est plus blanc, plus malléable que celui obtenu avec 835 d'argent et 165 de cuivre. La soudure pour l'alliage d'argent à 0,950 ne dépasse guère 0,670.

Bismuth et cuivre. Une petite quantité de bismuth suffit pour rendre le cuivre dur et cassant à chaud. Si on allie deux parties de bismuth et une partie de cuivre, on obtient un alliage qui a la propriété curieuse de se dilater longtemps après sa solidification (Marx).

Etain et cuivre. Ces deux métaux forment le *bronze* (V. ce mot) qui renferme une proportion de cuivre variant de 78 à 95 0/0.

L'étain rend le cuivre jaunâtre, lui donne beaucoup de dureté sans rien lui faire perdre de sa ténacité. Le cuivre et l'étain se combinent difficilement et si l'on abandonne l'alliage à un refroidissement lent, l'étain se sépare du cuivre; cette liquation du bronze est un grand obstacle au moulage des grosses pièces. M. Riche a étudié d'une façon très complète les divers alliages atomiques de cuivre et d'étain variant, comme composition, entre les extrêmes Sn^5Cu et $SnCu^{15}$. Nous tirerons de son Mémoire, inséré dans les *Annales de chimie et de physique* (4, t. xxx) les conclusions suivantes : « Les alliages de cuivre et d'étain, éprouvent une liquation sensible, sauf ceux qui correspondent aux formules $SnCu^3$, $SnCu^4$. Cette liquation, faible à partir de l'alliage $SnCu^3$, augmente dans les alliages qui s'en éloignent par leur composition, mais elle est forte surtout chez les alliages très riches en étain.

« L'alliage $SnCu^3$ est caractérisé par des propriétés spéciales; sa couleur est bleuâtre, il est pulvérisable; sa densité égale à 8,91 dépasse celle des autres alliages de cuivre et d'étain : cette position culminante s'explique par le maximum de contraction qu'éprouve ce bronze, en se solidifiant il n'éprouve pas de liquation sensible, c'est donc un alliage homogène.

« La dureté du bronze croît depuis l'étain jusqu'à l'alliage renfermant le cuivre et l'étain dans le rapport des équivalents SnCu; à partir de cet alliage jusqu'à celui qui correspond à la formule $SnCu^5$ le métal est trop cassant pour être essayé. »

L'alliage des canons renferme de 8 à 11 parties d'étain pour 100 parties de cuivre; il présente une ténacité et une dureté bien suffisantes dans ces conditions.

Une plus grande quantité d'étain donne un alliage élastique, sonore et cassant; on l'emploie pour la fabrication des cloches qui renferment 22 0/0 environ d'étain. Le métal si sonore des tam-tams des Chinois renferme, d'après M. Riche, 20 à 22 0/0 d'étain. Refroidi lentement, le métal des cloches et des tam-tams durcit. La trempe produit sur ces alliages un effet opposé à celui qu'elle exerce sur l'acier, car, si on les plonge incandescents dans l'eau, ils deviennent malléables. Cette différence radicale se retrouve, ainsi que l'a démontré M. Riche, dans la comparaison des densités du bronze recuit et du bronze trempé; en effet, la densité du bronze s'accroît considérablement par l'action alternative de la trempe ou du recuit et celle du balancier, tandis que l'on observe le contraire dans le cas de l'acier. Le recuit rend au bronze la dureté et la sonorité. Le bronze se laisse forger à une température voisine du rouge.

Fer et cuivre. On obtient un alliage suffisamment homogène en fondant un mélange de 94 parties de cuivre et de 6 parties de fer. On a ainsi un métal qui se forge facilement, s'étire et se lamine avec une si grande facilité qu'on peut amener, sans recuire, une barre de l'épaisseur de $0^m,009$ à celle de $0^m,001$. Il résulte des essais de M. Riche que l'introduction de petites quantités de fer dans le cuivre lui enlève sa grande mollesse et sa porosité, accroît considérablement sa ténacité et sa dureté sans lui enlever sa malléabilité. L'augmentation de la ténacité est telle, que tandis que le cuivre laminé offre une résistance de 28 kilogrammes par millimètre carré, celle du cuivre ferreux atteint 40 kilogrammes.

Manganèse et cuivre. Ces métaux forment des alliages assez ductiles, très durs, très tenaces et susceptibles d'un beau poli. Leur couleur s'étend du blanc au rose selon les proportions de cuivre et de manganèse. Quelques industriels ont fait et font encore des essais pour remplacer le nickel par le manganèse, en vue de la préparation des alliages blancs.

Mercure et cuivre. L'amalgame de cuivre contenant 30 0/0 de ce métal se gonfle lorsqu'on le chauffe au point d'ébullition du mercure, si on vient à broyer la masse en ce moment, on obtient, après refroidissement, une pâte qu'on peut pétrir entre les doigts et qu'on a utilisée pour le plombage des dents, car elle possède la propriété re-

marquable de durcir au bout de peu de temps, en prenant une texture cristalline.

Nickel et cuivre. Une addition de 10 parties de nickel à 90 parties de cuivre modifie beaucoup la couleur de ce métal. L'alliage contenant 30 parties de nickel et 70 parties de cuivre est blanc d'argent. Les alliages où intervient le zinc seront décrits plus loin.

Platine et cuivre. La combinaison de ces deux éléments a lieu au rouge blanc. L'alliage à poids égaux est ductile et possède la couleur et la densité de l'or (Clarke). Le produit qu'on obtient en mélangeant 26 parties de cuivre et 1 partie de platine est ductile, rose et à grain fin. Le platine dur du commerce employé par les dentistes et dans la bijouterie est un alliage contenant environ 5 parties de cuivre et 95 parties de platine.

On le prépare par fusion directe des métaux dans un creuset de chaux, avec le chalumeau à gaz oxhydrique ; il y a volatilisation d'une petite quantité de cuivre pendant la fusion. On prépare aussi cet alliage en comprimant un mélange de cuivre et de platine très divisés qu'on forge ensuite comme dans le cas du platine pur.

Zinc et cuivre. Ces métaux alliés forment le *cuivre jaune* ou *laiton* (V. ce mot), dont les applications sont si nombreuses à raison de ses qualités précieuses. Cet alliage fraîchement décapé présente la couleur de l'or jaune ; il fond facilement, se prête bien au moulage, se travaille bien lorsqu'il est additionné d'un peu d'étain ou de plomb, possède une malléabilité et une ductilité très grandes. Le laiton résiste mieux aux agents atmosphériques que le cuivre ; sa dureté croît depuis l'alliage 90 0/0 de cuivre jusqu'à celui qui renferme des poids égaux de cuivre et de zinc Zn Cu. Les alliages Zn^3Cu^2 et Zn^2Cu^3 sont d'une extrême fragilité. Lorsque le laiton fondu se solidifie, il éprouve une contraction très grande qui semble atteindre son maximum dans le voisinage de l'alliage Zn^3Cu^2 ; en effet, la densité de ce métal a été trouvée égale à 8,171 tandis que la densité théorique n'est qne de 7,783. M. Riche a étudié l'action de la trempe sur le cuivre jaune : cette action a eu pour effet d'augmenter la densité d'un alliage à 65 0/0 de cuivre, tandis qu'un alliage de 91 0/0 n'a pas varié sensiblement.

Le recuit diminue dans le cuivre jaune, la densité qui s'accroît par le laminage, de telle sorte que la densité, après une longue série d'opérations, subit peu de variation.

Composition de divers alliages de cuivre et zinc.

Noms des alliages	Destination	Cuivre	Zinc	Etain	Divers
Laiton de Romilly	Travail au marteau	70.0	30.0	»	»
— de Stohlberg	Ustensiles de ménage, chaudières	65.8	31.8	0.2	Plomb 2.2
— de Jemmapes	Pour la tréfilerie	64.2	35.0	0.4	— 0.4
— des doreurs	Bronzes dorés	63.7	33.5	2.5	— 0.25
— des armuriers	Garnitures d'armes	80.0	17.0	3.0	»
Chrysocale	Faux bijoux	90.4	8.0	»	Plomb 1.6
		86 à 88	8 à 6	6.0	»
Similor ou or de Manheim	—	80 à 88	20 à 12	»	»
Pinchbeck anglais	—	83.3	16.7	»	»
Tombac en cuivre blanc	Instrument de physique	86 à 88	14 à 12	»	»
	Boutons, etc.	97.0	2.0	»	Arsenic 1.0
Tombac jaune		88.9	5.6	5.6	»
— rouge		91.7	8.3	»	»
Alliage de Fenton	Coussinets de machines et locomotives	5.5	80.0	14.5	»
— anglais	Couverts à argenter	68.2	31.6	»	Plomb 0.2
Métal jaune ou de Muntz	Feuilles pour doublage des navires	66.0	34.0	»	»
Poudre à bronzer jaune pâle	Pour les peintres	82.3	16.7	»	»
— — foncé	—	84.5	15.3	»	»
— — rouge	—	90.0	9.6	»	»
— verte	—	84.4	15.6	»	»

Zinc, nickel et cuivre. La réunion de ces trois métaux donne naissance au *maillechort* (V. ce mot), dit aussi *melchior*, *argentan*, *Pakfung* (Allemagne) et *toutenague* ou *cuivre blanc*. Cet alliage est fabriqué depuis très longtemps en Chine. Il est d'un usage assez général, grâce à sa blancheur et à son éclat, qui le rapprochent de l'argent ; de plus, il jouit d'une grande dureté et il est presque inaltérable à l'air. — V. le tableau, p. 1174.

Oxydes de cuivre. Le cuivre et l'oxygène peuvent s'unir en six proportions différentes ; mais, parmi ces combinaisons, deux seulement sont importantes : l'oxydule de cuivre Cu^2O (at. et éq.), et l'oxyde proprement dit CuO (at. et éq.).

1° *Oxydule de cuivre* Cu^2O, *syn.* : oxyde rouge de cuivre, protoxyde de cuivre, oxyde de cuprosum. Il se trouve dans la nature en octaèdres réguliers ou en cubes rouge-cochenille. Sa production artificielle a été réalisée pour la première fois par Chènevix. Ce corps s'obtient facilement en faisant bouillir une solution de tartrate double de potasse et de cuivre avec du glucose : il se précipite une poudre rouge orangé qu'on lave et sèche à 100° pour la déshydrater complètement.

L'oxydule de cuivre est inaltérable à l'air. Il fond au rouge et se transforme alors, au contact de l'air, en oxyde CuO.

Le protoxyde de cuivre donne avec les fondants un verre d'un beau rouge rubis, qui passe au

Composition des principaux alliages de cuivre, zinc et nickel.

Désignation des alliages	Cuivre	Nickel	Zinc	Divers
Pakfung chinois ou toutenague	55.0	23.0	17.0	Etain 2,0, fer 3,0
— —	43.8	15.6	40.6	»
Cuivre blanc des chinois	40.4	31.6	25.4	Fer 2,6
Maillechort français très pur	50.0	18.75	31.25	»
Pakfung parisien	62.0	15.0	23.0	»
—	65.0	16.8	13.0	Etain 0,2, Fer 3,4
Argentan d'Allemagne pour couverts	50.0	25.0	25.0	»
— pour garnitures de couteaux	55.0	22.0	23.0	»
— pour laminer	60.0	20.0	20.0	»
— pour sellerie, éperons, etc.	57.0	20.0	20.0	Plomb 3,0
Alfénide de Paris	50.0	20.0	30.0	»
Nouvelle monnaie de Belgique	75.0	20.0	5.0	»

vert quand on le soumet à la flamme oxydante. Ces colorations rendent de très grands services aux verriers et aux céramistes. La plupart des acides donnent avec l'oxydule de cuivre un sel de l'oxyde Cu O, avec mise en liberté de cuivre métallique; cependant, il existe quelques sels dits de cuprosum dont le type est le chlorure cuivreux Cu^2Cl^2 (at.).

Oxyde de cuivre Cu O (at. et éq.), *syn.*: bioxyde ou deutoxyde de cuivre, oxyde cuivrique, oxyde de cupricum, oxyde noir de cuivre. Cet oxyde se rencontre dans la nature sous le nom de *mélakonise*. On le prépare artificiellement en calcinant au rouge sombre l'azotate de cuivre. L'oxyde ainsi obtenu est employé, en grande quantité, dans les laboratoires pour l'analyse des matières organiques ; à cet effet, on le pulvérise après calcination et on le tamise pour enlever la fine poussière qui serait trop hygrométrique.

L'oxyde de cuivre est rouge brun, presque noir, il fond au rouge vif, perd de l'oxygène et donne une masse à fracture cristalline après refroidissement. L'oxyde de cuivre se distingue par la grande facilité avec laquelle il cède son oxygène ; ainsi l'hydrogène et le charbon le réduisent aisément, le premier à la température de 350°. Le phosphore ou son oxyde détonent avec l'oxyde de cupricum et donnent un phosphate et du phosphure de cuivre ; le soufre, suivant sa proportion, donne du sulfure ou du sulfate de cuivre. Enfin, beaucoup de substances organiques, telles que l'essence de térébenthine, le réduisent. L'oxyde noir de cuivre donne avec les divers acides des sels dits de *cupricum* ou, plus ordinairement, de cuivre, qui jouent un grand rôle dans l'industrie.

Nous décrirons ces divers sels par ordre alphabétique.

Acétates de cuivre. Ces sels jouent un rôle important dans l'industrie. L'*acétate neutre de cuivre* Cu O $C^4H^3O^3$ H O (éq.) ou

$$Cu(C^2H^3O^2)^2H^2O \text{ (at.)}$$

est le *verdet cristallisé*, connu aussi sous le nom de *cristaux de Vénus*. Ce corps se prépare en dissolvant dans l'acide acétique, soit de l'oxyde de cuivre, soit du vert de gris, ou encore en précipitant à chaud une solution de sulfate de cuivre par une solution d'acétate de plomb : l'acétate reste dissous et se dépose par refroidissement.

Les *acétates basiques de cuivre* sont nombreux et forment, par leur mélange, le *vert de gris* ou *vert de Montpellier*. Ce vert renferme principalement l'*acétate bibasique*

$$(C^2H^3O^2)^2Cu, CuH^2O^2 + 5H^2O \text{ (at.)},$$

l'*acétate tribasique* $(C^2H^3O^2)^2Cu, 2(CuH^2O^2)$ (at.), et l'*acétate sesquibasique*

$$[(C^2H^3O^2)^2Cu]^2, CuH^2O^2 + 5H^2O \text{ (at.)}.$$

Une autre couleur verte, très belle, le *vert de Schweinfurt*, est à base d'*acétate et d'arsenite de cuivre*. Ehrmann lui assigne la formule suivante : $(C^2H^3O^2)^2Cu + 3As^2O^4Cu$ (at.) Pour la préparation de ces divers corps, voir Acétate.

Arséniates de cuivre. On trouve dans la nature un grand nombre de minerais qui sont des arséniates basiques de cuivre, ce sont : l'*olivénite*, l'*irinite*, la *liroconite*, l'*aphanèse* et l'*euchroïte*. Le *kupferschaum* et la *konichalcite* sont des arséniates de cuivre unis ou combinés avec du carbonate de chaux. L'*arséniate normal*

$$As^2O^5, 3CuO, nH^2O \text{ (at.)}$$

se précipite lorsqu'on traite un sel soluble de cuivre par un arséniate tribasique soluble. Ce sel n'a pas d'application dans l'industrie.

Arsénite de cuivre (*Vert de Scheele, vert de Suède*).

Azotate de cuivre. Le sel qu'on obtient en abandonnant à cristallisation une solution de cuivre dans l'acide nitrique a pour formule

$$Cu(AzO^3)^2, 3H^2O \text{ (at.)}.$$

Si la cristallisation s'effectue au-dessous de 20°, on a des cristaux renfermant $6H^2O$ au lieu de 3. — V. Azotate.

Carbonates de cuivre. Le *carbonate neutre cuivrique* n'a pu être obtenu artificiellement, car, lorsqu'on traite un sel de cuivre par un carbonate alcalin on a un *carbonate dibasique*, de couleur bleuâtre, dont la formule est $CO^3Cu, CuO2H^2O$ (at.) ou $CuOCO^2, CuO2Ho$ (équiv.).

Si l'on vient à chauffer le liquide tenant en suspension ce précipité, il perd la moitié de son eau d'hydratation et devient CO^3Cu, CuO, H^2O ce qui exprime la composition de la *malachite* avec laquelle il y a analogie de couleur. Un autre minéral, l'*azurite* (*bleu de montagne, malachite bleue, chessylite*) se rencontre fréquemment dans la na-

ture ; sa composition est exprimée par la formule $2(CO^3Cu)CuH^2O^2$ (at.) ou $2CuOCO^2, CuOHO$ (éq.) Ce minéral a été reproduit artificiellement sous le nom de *cendres bleues*. — V. CARBONATE.

Chlorures de cuivre : 1° *Chlorure cuivreux.* Cu^2ClCl^3 (at.) Cu^2Cl (éq.) (sous-chlorure de cuivre, chlorure de cuprosum, protochlorure de cuivre). Ce corps se produit lors de la combustion d'un excès de cuivre en présence du chlore. Le meilleur mode de préparation consiste à faire bouillir un mélange d'acide chlorhydrique, de cuivre et d'oxyde de cuivre jusqu'à dissolution de ce dernier corps ; on verse ensuite le liquide dans un grand excès d'eau ; le protochlorure se dépose sous forme d'une poudre blanche, dense, qui devient peu à peu violette et bleue à la lumière, tandis que le deutochlorure reste en dissolution. Ce corps est soluble dans l'acide chlorhydrique concentré et le liquide qu'on obtient rend de très grands services en analyse, car il jouit de la propriété curieuse d'absorber l'oxyde de carbone. Il se forme une combinaison cristalline qu'on peut facilement isoler et qui présente la composition suivante : $4Cu^2Cl^2, 3CO, 7H^2O$ (at.)

Le chlorure cuivreux s'oxyde très rapidement si on l'expose à l'air et de blanc il devient vert ; on doit donc le conserver dans des flacons hermétiquement bouchés.

Ce corps se forme lorsqu'on soumet le cuivre à l'action du sel marin en solution étendue tandis qu'une solution concentrée l'attaque à peine. Ce fait explique la destruction relativement rapide des feuilles de cuivre qu'on emploie pour doubler les navires ; on n'est pas encore arrivé à trouver un alliage qui jouisse d'une inaltérabilité suffisante pour qu'on l'emploie à l'exclusion du cuivre pur, dont la destruction représente une grande perte pour les armateurs.

La propriété que possède le protochlorure de cuivre d'absorber l'oxygène de l'air et de se transformer en oxychlorure $CuCl^2CuO$ (at.) qui, à son tour, abandonne son oxygène et repasse à l'état de protochlorure quand il a été exposé à une température de 400°, a été mise à profit par M. Mallet pour se procurer de l'oxygène à bas prix, puisque le même sel sert presque indéfiniment. Lorsqu'on opère en grand, la perte est minime : en effet, elle se réduit à 1 kilogramme de protochlorure pour 4 mètres cubes de gaz. On retire de 28 à 30 litres d'oxygène par kilogramme de composé cuivrique.

La calcination et la revivification de l'oxychlorure s'opèrent dans le même récipient ; le sel est additionné d'une matière inerte, sable ou kaolin, de façon à ne pas fondre. Le meilleur système consiste à mettre le protochlorure dans une cornue horizontale qu'on anime d'un mouvement de rotation, lequel permet d'égaliser la température lors de la calcination ou de renouveler constamment la surface de contact lors du passage de l'air destiné à la revivification de l'oxychlorure. On a remarqué que cette revivification s'opérait beaucoup mieux lorsqu'on humectait d'eau la masse.

2° *Chlorure cuivrique.* $CuCl^2$ (at.) CuCl (éq.) (Deutochlorure de cuivre, chlorure de cuivre, chlorure de cupricum.)

Ce sel se produit lors de la combustion du cuivre dans le chlore en excès. On l'obtient, sous forme d'une poudre jaune brunâtre, en chauffant à 200° le chlorure hydraté.

L'*hydrate* de chlorure de cuivre ($CuCl^2H^2O$) se prépare en traitant l'oxyde noir de cuivre ou son carbonate par l'acide chlorhydrique. On peut également l'obtenir en précipitant une solution de sulfate de cuivre par le chlorure de calcium ; le sulfate de chaux se dépose au sein d'un liquide vert-émeraude qui, évaporé et refroidi, laisse déposer des prismes d'un beau vert. Ces cristaux sont très déliquescents, ils sont solubles dans l'alcool. Leur solution aqueuse laisse déposer en présence des métaux, soit du cuivre (fer, zinc), soit du protochlorure (mercure).

Le chlorure cuivrique, en se combinant à l'oxyde du même métal, donne des oxychlorures nombreux, l'un d'eux se rencontre dans la nature et porte le nom d'*atakamite*, du nom d'Atakama (Pérou) ; sa formule est représentée par

$CuCl^2, 3CuO$ combiné à 3 ou 6 H^2O.

L'hydrate $CuCl^2, 3CuO, 4H^2O$ s'obtient en précipitant 4 molécules de chlorure de cuivre par 6 molécules de potasse ; il se forme ainsi une poudre verte qui représente la composition du *vert de Brunswich*. — V. VERT.

Phosphates de cuivre. Les phosphates de cuivre sont très nombreux, mais leur étude ne présente pas grand intérêt. D'après M. Debray, on obtient le phosphate $(PO^4)^2Cu^3, 3H^2O$ (at.) en traitant le carbonate de cuivre par l'acide phosphorique dilué. C'est une matière verte cristalline qui chauffée en présence de l'eau, se transforme en phosphate basique de la formule $(PO^4)^2Cu^3, CuO, H^2O$ (at.). On rencontre dans la nature un phosphate basique, la *libéthénite* qui présente la même composition.

Silicates de cuivre. Les combinaisons de ce genre peuvent s'obtenir en chauffant au rouge la silice et l'oxyde de cuivre. Le silicate d'oxydule est d'un beau rouge pourpre et s'emploie dans la peinture sur porcelaine et émaux. On rencontre dans la nature plusieurs variétés de silicates parmi lesquelles nous citerons la *dioptase* et le *chrysocolle* $(SiO^3)Cu, 2H^2O$. — V. plus haut ETAT NATUREL DU CUIVRE.

Sulfates de cuivre. $SO^4Cu + 5H^2O$ (at.) ou $CuOSO^3 5HO$ (éq.). *Syn* : vitriol bleu, couperose bleue, sulfate cuivrique. C'est le sel de cuivre le plus important en raison de ses nombreuses applications. Il n'existe qu'en petite quantité dans la nature, à la surface des pyrites cuivreuses, ou en dissolution dans les eaux dites *cémentatoires* qui circulent à l'intérieur des mines de cuivre. Si la richesse et le volume de ces eaux sont importants, on peut avoir intérêt à les évaporer et à précipiter, par le fer, le cuivre qu'elles renferment ; on a ainsi le *cuivre de cémentation*.

PRÉPARATION INDUSTRIELLE. 1° A Marienberg, en Saxe, on prépare le sulfate de cuivre en grillant, pendant douze heures, le sulfure de cuivre pyriteux dans un four à reverbère que traverse un

fort courant d'air. La masse est lessivée pour lui enlever le sulfate formé, lequel est toujours mélangé de sulfate de fer et quelquefois de zinc.

2° Le procédé, dit *français*, consiste à chauffer au rouge, dans un four à reverbère, des plaques de cuivre qu'on a mouillées puis saupoudrées de fleur de soufre. Le sulfure formé se transforme au contact de l'air en sulfate qu'on sépare du métal en plongeant les plaques dans l'eau. Ces opérations sont renouvelées jusqu'à attaque complète du cuivre ; le sulfate est obtenu par évaporation et cristallisation du liquide salin.

3° Le sulfate cuivrique peut s'obtenir en traitant le cuivre par l'acide sulfurique concentré et bouillant; ce procédé a l'avantage de produire en même temps du gaz sulfureux, qu'on peut condenser en nature, ou absorber par la soude ou la chaux en vue de la préparation des sulfites.

$$Cu + 2SO^4H^2 = CuSO^4 + 2H^2O + SO^2$$

La réaction s'opère dans une bonbonne en grès, placée dans un bain de sable et reliée par des tubes en plomb à une série de touries en grès contenant un liquide approprié.

4° La *couperose d'affinage* est obtenue, en assez grande quantité, lors de la décomposition du sulfate acide d'argent par le cuivre; ce sulfate provient du raffinage des matières d'or et d'argent par l'acide sulfurique, lequel respecte l'or, tandis qu'il dissout l'argent.

Propriétés. Le sulfate de cuivre cristallisé est d'un beau bleu, sa densité est égale à 2,274.

100 parties d'eau dissolvent à.

10°	37	parties de sulfate de cuivre hydraté.		
20°	42	—	—	—
40°	57	—	—	—
80°	118	—	—	—
100°	203	—	—	—

Le tableau suivant donne la richesse des solutions de sulfate de cuivre d'une densité de :

1.0254	= 4 0/0	de sulfate	hydraté.	
1.0516	= 8	—	—	
1.0785	= 12	—	—	
1.1063	= 16	—	—	
1.1354	= 20	—	—	
1.1659	= 24	—	—	(Gerlach).

Le sulfate de cuivre est insoluble dans l'alcool. Exposé à l'air il perd deux molécules d'eau ; deux autres molécules s'échappent à 100° ; enfin, la déshydratation est complète à 230° et le sulfate présente l'aspect d'une poudre blanche très avide d'eau qui bleuit immédiatement lorsqu'on l'expose à l'air ordinaire. Chauffé au rouge, le sulfate anhydre donne de l'acide sulfureux, de l'oxygène et de l'anhydride sulfurique.

Les solutions de sulfate de cuivre ont un goût styptique très désagréable. Le zinc et le fer précipitent le cuivre de la solution de son sulfate.

Usages. Le sulfate de cuivre est employé en grande quantité dans la *galvanoplastie*. La propriété qu'il possède de détruire le champignon microscopique qui produit la *carie* du blé est utilisée pour le *chaulage* de cette céréale. Il entre dans la composition de l'encre à écrire, ainsi que dans celle de beaucoup de *teintures sur laine et sur soie*. Les indienneurs tirent parti du double rôle de mordant et d'agent oxydant que joue l'oxyde de cuivre et le font entrer dans leurs *réserves* pour les bleus de cuve. La médecine met à profit l'action vomitive et escharotique qu'exerce le sulfate de cuivre. Enfin, ce sel est beaucoup employé pour la préparation des *couleurs dérivées du cuivre*.

Il existe, dans le commerce, trois variétés de sulfate de cuivre :

1° Le *vitriol de Chypre* ou sulfate presque pur; 2° le *vitriol de Salzbourg* qui n'est pas bleu comme le précédent, mais bleu-verdâtre ; c'est un sulfate double de cuivre et de fer dont la valeur varie avec la richesse en cuivre ;

3° Le *sulfate de cuivre mixte* est à base de cuivre et de zinc; il possède une belle couleur bleue claire.

Siliciure de cuivre. Ce composé s'obtient en fondant 3 parties de silicofluoride de potassium avec 1 partie de sodium et 1 partie de cuivre jusqu'à mélange parfait : on a ainsi un corps blanc, cassant plus fusible que l'argent.

Sulfures de cuivre. Le cuivre s'unit facilement au soufre et donne deux combinaisons principales :

Le sous-sulfure de cuivre, Cu^2S;

Et le sulfure ordinaire, CuS.

(*a*) *Sous-sulfure de cuivre*. Cu^2S (sous-sulfure de cuivre, sulfure cuivreux, de cuprosum). Se rencontre dans la nature et porte alors le nom de *chalcosine*.

On l'obtient, soit en triturant le cuivre et le soufre dans l'eau, soit en chauffant au rouge-blanc le sulfate de cuivre anhydre (Berthier), soit, enfin, en fondant ensemble 3 parties de soufre et 8 parties de cuivre en poudre. Le sulfure cuivreux est gris jaunâtre, il s'oxyde aisément à l'air, l'acide nitrique le transforme en CuS. Sa densité est égale à 5,97 (Karsten). L'hydrogène le réduit au rouge blanc, l'acide chlorhydrique l'attaque avec peine, même à chaud. Le sous-sulfure de cuivre s'unit aux autres sulfures métalliques, en donnant des composés qu'on rencontre fréquemment dans la nature et parmi lesquels il nous suffira de citer la *chalcostibite*, la *panabase*, le *cuivre panaché* et la *chalcopyrite* pour montrer leur importance.

(*b*) *Sulfure de cuivre*, CuS (proto-sulfure de cuivre, sulfure cuivrique, de cupricum). Se rencontre dans la nature et ses diverses variétés sont désignées sous les noms de *covelline*, *cuivre indigo*, etc. — V. plus haut ETAT NATUREL.

On le prépare en broyant le sulfure cuivreux avec l'acide nitrique froid ou en précipitant les sels de cupricum par l'hydrogène sulfuré.

Le sulfure de cuivre est un corps presque noir quand il est humide. La chaleur le transforme en sulfure cuivreux, l'acide nitrique le convertit en sulfate, l'acide chlorhydrique concentré et chaud dégage de l'hydrogène sulfuré et donne du chlorure cuivrique.

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES SELS DE CUIVRE. Les sels de cuivre neutres sont pour la plupart solubles dans l'eau ; dans ce cas, ils rougissent le tournesol, et, à l'exception du sulfate qui peut supporter une assez haute température, ils se décompo-

sent au rouge faible. A l'état anhydre, ils ont presque tous une couleur blanche, tandis qu'hydratés ils sont bleus ou verts et leurs dissolutions offrent la même couleur, même dans un assez grand état de dilution.

1° *Sels cuivreux* ou *de cuprosum.*

L'*acide sulfhydrique* donne dans les solutions neutres en acides un précipité noir presque insoluble dans le sulfhydrate d'ammoniaque.

La *potasse*, versée en petite quantité, détermine la précipitation du sel cuivreux dissous à la faveur de l'excès d'acide; si l'on ajoute une plus grande quantité de réactif, il se forme un précipité jaune brunâtre d'hydrate insoluble dans un excès de potasse. L'*ammoniaque* donne une solution incolore qui bleuit au contact de l'air. Le *carbonate de potasse* détermine la précipitation d'hydrate cuivreux. L'*iodure de potassium* forme de l'iodure cuivreux blanc insoluble.

2° *Sels cuivriques* ou *de cupricum.*

L'*acide sulfhydrique et le sulfure d'ammonium* donnent un précipité noir un peu soluble dans un excès de sulfure d'ammoniaque, insoluble dans le sulfure de sodium, tandis que le cyanure de potassium le dissout complètement.

La *potasse* forme un précipité bleu, volumineux, d'hydrate, presque insoluble dans un excès d'alcali et devenant noir par la chaleur. L'*ammoniaque* donne un précipité verdâtre de sel basique, soluble dans un excès de réactif, en produisant une belle liqueur bleu céleste. Le *carbonate de potasse* laisse dégager de l'acide carbonique et précipite du carbonate de cuivre basique, bleu vert, soluble dans l'ammoniaque. Le *carbonate d'ammoniaque* se conduit tout d'abord comme le carbonate de potasse, mais un excès de réactif dissout, en bleu céleste, le précipité. Le *carbonate de baryum* précipite presque complètement, à froid, l'oxyde de cuivre de ses solutions. Le *ferrocyanure de potassium* détermine, dans les solutions cupriques, un précipité rouge-brun, insoluble dans l'acide chlorhydrique; si la liqueur est très étendue, on n'a qu'une coloration rouge. Le *ferricyanure de potassium* donne un précipité jaune verdâtre.

Les *sulfocyanures solubles* précipitent en noir les solutions cuivriques concentrées tandis qu'il ne se produit rien dans les liqueurs étendues. L'*iodure de potassium* forme un précipité blanc d'iodure cuivreux au sein d'un liquide brun tenant de l'iode dissous. Le *zinc et le fer* se couvrent d'un dépôt rouge de cuivre.

DOSAGE DU CUIVRE DANS LES DIVERS PRODUITS INDUSTRIELS. Nous ne nous étendrons pas sur les divers modes de dosage du cuivre, renvoyant pour les détails aux traités spéciaux d'analyse, mais il nous paraît utile d'indiquer une méthode générale, d'une application facile, à l'étude de laquelle l'un de nous a beaucoup contribué (A. Riche, *Annales de chimie et de physique*, t. XIII, 1878).

Cette méthode consiste à déplacer le cuivre par l'électrolyse des liquides qui le tiennent en solution. Ces liquides doivent être rendus acides, soit par l'acide azotique, soit par l'acide sulfurique, aussi ne doit-on s'adresser qu'à eux pour dissoudre le cuivre contenu dans les matières soumises à l'analyse.

Nous décrirons d'abord les procédés d'attaque, indiqués par Mohr, pour l'essai des minerais, puis nous exposerons le procédé électrolytique proprement dit et, enfin, nous donnerons quelques indications relatives aux alliages à base de cuivre.

Les *minerais de cuivre oxydés* (bioxyde, protoxyde, malachite, phosphate, etc.) sont traités, dans la proportion de 5 ou 10 grammes, suivant la richesse présumée, par un mélange d'acide sulfurique dilué et d'acide nitrique, dans une capsule en porcelaine de 10 centimètres de diamètre; on chauffe à l'ébullition en ayant soin de couvrir d'un grand verre de montre. La masse se desséchant peu à peu, on enlève le verre de montre lorsqu'il n'y a plus de projections et on active le chauffage jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de fumées blanches d'acide sulfurique. Après refroidissement, on fait bouillir avec de l'eau distillée, on filtre dans une capsule et lave le résidu insoluble jusqu'à épuisement; de cette façon, on dissout le sulfate de cuivre qui a résisté à l'action de la chaleur, tandis que le sulfate de fer s'est décomposé; il est cependant toujours prudent de vérifier que l'acide nitrique n'enlève pas de cuivre au résidu.

Pour les *minerais sulfurés*, on suit la même méthode, mais on doit veiller à ce que la prise d'essai soit bien pulvérisée. Au lieu de reprendre par l'eau le résidu calciné, on le chauffe avec de l'acide azotique additionné d'un peu d'acide sulfurique. Il se dégage des vapeurs rutilantes, on évapore doucement jusqu'à siccité, on humecte de nouveau avec de l'acide azotique et on chauffe de façon à avoir une oxydation complète. On termine l'essai, comme il est dit plus haut.

Dosage électrolytique du cuivre. Ce dosage s'opère à l'aide d'un élément Bunsen de petite dimension (0^{m},12 de hauteur) ou d'un élément Marié-Davy. L'appareil où se passe l'action décomposante se compose d'un creuset de platine, de la dimension usuellement employée dans les laboratoires et d'une lame de platine disposée en tronc de cône. Cette lame reproduit sensiblement la forme du creuset dans lequel elle doit être suspendue sans le toucher; elle constitue le pôle négatif et le creuset le pôle positif.

Le cône est maintenu à 2 ou 3 millimètres de la paroi du creuset à l'aide d'une pince formant l'extrémité d'un support; à cet endroit, se trouve également une vis destinée à établir la communication parfaite avec le fil conducteur négatif, tandis que le fil positif est engagé sous la vis qui serre l'anneau d'un second support annulaire, dans lequel on dispose le creuset. Les deux supports glissent librement le long d'une tige en verre qui est maintenue solidement dans un pied en fonte. Il est bon d'avoir deux creusets de taille différente et deux cônes correspondants, de façon à pouvoir agir sur des volumes de liquide variables. La liqueur cuivrique doit être nitrique ou sulfurique; son acidité peut être, sans inconvénient, équivalente à 1 gramme

d'acide nitrique pour 40 grammes de liquide total. La solution étant versée dans le creuset, de façon qu'elle n'en occupe que les deux tiers de la hauteur, on descend le cône et on recouvre l'ensemble de deux demi-verres de montre de manière à éviter les projections. On plonge alors le creuset dans un bain-marie qu'on chauffe à 60-90° et on fait passer le courant. Si on a, par exemple, un liquide renfermant environ 0g,250 de cuivre, on peut examiner après une heure de passage, si le déplacement du cuivre est complet; on s'en rend compte en prenant une goutte de liquide au bout d'un agitateur, la déposant sur un verre de montre et l'additionnant d'une goutte de solution de ferrocyanure de potassium; s'il ne se produit qu'une coloration rouge et pas de précipité, c'est que l'opération est presque terminée; dans ce cas, on lave avec soin les demi-verres qui couvrent le creuset et on continue le courant une demi-heure. Ce lavage a l'avantage d'élever le niveau du liquide à électrolyser et d'offrir, par conséquent, une nouvelle portion de la surface des anodes au contact de ce liquide, ce qui lui permet de se dépouiller des dernières traces de métal. Le cône ayant été mis en communication avec le pôle négatif de la pile, c'est-à-dire le pôle zinc, c'est lui qui est couvert du dépôt de cuivre, lequel, s'il est pur, doit être d'un beau rouge mat. La pile doit être en marche, lorsqu'on en extrait le dépôt, sans cela on s'exposerait à une redissolution du cuivre à la faveur de l'acide: le mieux est de soulever doucement le cône et de le laver en même temps par injection d'eau, à l'aide d'une puisette ; aussitôt retiré, on le plonge dans un verre d'eau, puis on l'égoutte et l'expose dans une étuve à 75°, jusqu'à ce que l'eau ait disparu. Ce mode de dosage est d'une exactitude rigoureuse.

Analyse des laitons. La méthode indiquée par M. Riche (*Annales de physique et de chimie*, 5e série, t. XIII, 1878) permet de doser électrolytiquement tous les éléments qui constituent ces alliages, c'est-à-dire le cuivre, le plomb et le zinc.

On dissout dans l'acide nitrique 2 grammes d'alliage, on chasse par la chaleur la majeure partie de l'acide et on forme un volume de 100 cent. cubes. On soumet 25 cent. cubes, correspondant à 2g,5 d'alliage, à l'action d'un élément Bunsen à la température de 70° environ : le cuivre se porte au pôle négatif et le plomb se dépose au pôle positif, c'est-à-dire sur le creuset, sous forme de bioxyde de plomb. Lorsque la liqueur ne tient plus de cuivre en solution, on retire le dépôt, le lave et le pèse. On dissout le cuivre, en plongeant dans l'acide nitrique le cône qu'on reporte, après lavage, au sein du liquide qui se trouve dans le creuset; on intervertit l'ordre des pôles, de manière que le pôle positif soit le cône sur lequel s'était porté le cuivre, on ajoute au liquide 1 gramme d'acide nitrique et on fait passer le courant d'un élément Bunsen ou d'un élément Leclanché. Le bioxyde de plomb qui s'était déposé sur le creuset, est transporté sur le cône; on le lave et le pèse après dessiccation à 100°; en multipliant son poids par 0,8661 on a celui du plomb métallique. Il ne reste plus dans la liqueur que le fer et le zinc; le premier de ces métaux est précipité par l'ammoniaque à l'état de peroxyde qu'on lave, sèche, calcine et pèse; on déduit le fer en multipliant l'oxyde par 0,70.

La liqueur évaporée à sec donne un résidu qu'on chauffe avec de l'acide sulfurique, de façon à transformer le nitrate d'ammoniaque en sulfate. Après avoir repris par l'eau, on sature par l'ammoniaque, on ajoute 5 grammes environ de sulfate d'ammoniaque, puis 3 à 5 gouttes d'acide sulfurique, et on soumet au courant de deux éléments Bunsen, en prenant la précaution d'entourer d'eau froide le creuset, de façon à éviter l'échauffement du liquide qu'il renferme. Après deux heures de passage, on met encore 5 grammes de sulfate d'ammoniaque et on arrête l'opération au bout de deux nouvelles heures, après avoir vérifié, toutefois, que le liquide ne contient plus rien de précipitable par le sulfhydrate d'ammoniaque. Le dépôt de zinc doit être d'un beau blanc bleuâtre et très adhérent; on le retire avec les précautions indiquées dans le cas du cuivre.

Essai des bronzes. On prend, suivant la composition présumée, 4 à 8 grammes d'alliage, qu'on traite par l'acide nitrique; on évapore la majeure partie de l'acide en excès, après avoir fait bouillir avec de l'eau, on jette sur un filtre, de façon à recueillir l'acide métastannique qu'on lave à l'eau bouillante ; ce corps est calciné après dessiccation, puis pesé ; son poids, multiplié par 0,7866, donne celui de l'étain.

Quant au liquide renfermant le cuivre, le plomb, le fer et le zinc, on le porte à 200 cent. cubes, et on en prélève 25 ou 50 cent. cubes pour y doser ces métaux.

Essai du maillechort. Cet alliage contient les métaux qui constituent le laiton, plus le nickel.

Le zinc peut être dosé par volatilisation, en exposant un certain poids de l'alliage à l'action du chalumeau à gaz; l'alliage est déposé dans un double creuset de graphite, et si la température est suffisante, le départ du zinc est complet après deux ou trois heures.

Le résidu contenant le fer, le cuivre, le plomb et le nickel, est traité comme le laiton; le dosage du nickel s'effectue à l'aide de deux éléments Bunsen, qu'on fait agir sur le liquide légèrement acidulé par l'acide sulfurique, vers 60 à 80° de température. On peut également électrolyser à froid la solution rendue ammoniacale, en employant le même nombre d'éléments.

Impuretés contenues dans le cuivre marchand. Il résulte de nombreuses analyses que le lecteur trouvera, s'il le désire, dans le *Traité de métallurgie*, de Percy (t. v, p. 383) :

1° Que l'arsenic et l'argent se rencontrent presque invariablement dans le cuivre;

2° Que le bismuth y est généralement présent; il paraît ne faire défaut que dans les cuivres extraits des carbonates, comme dans la plupart des cuivres d'Australie et de la Russie;

3° Que l'antimoine se rencontre peu fréquemment;

4° Que le plomb se trouve très rarement dans le cuivre brut ou affiné livré au commerce; mais

qu'il constitue un élément presque invariable du cuivre laminé ou étiré;

5° Que le fer existant en proportions notables dans le cuivre brut est presque entièrement éliminé par le raffinage.

LE CUIVRE AU POINT DE VUE DE L'HYGIÈNE. Il y a seulement quelques années les préparations à base de cuivre étaient regardées comme de violents poisons, lorsque divers expérimentateurs, au premier rang desquels il faut citer le Dr Galippe (thèse pour le doctorat, Paris, 1875) démontrèrent par des preuves irréfutables, l'exagération de cette opinion. Bien avant le Dr Galippe, MM. Pécholier et Saint-Pierre, de Montpellier avaient observé (*Annales d'hygiène*, 1864) que les nombreux ouvriers et ouvrières qui sont occupés dans cette ville à la préparation du vert de gris, loin de se trouver mal du contact continuel des poussières cuivreuses, ne s'en portent que mieux, dans certains cas (chlorotiques). L'étude de MM. Pécholier et Saint-Pierre n'exerça pas, au moment où elle parut, l'influence qu'elle méritait; aussi les expériences du Dr Galippe frappèrent-elles beaucoup le monde savant lors de leur publication. On s'aperçut, depuis, que le cuivre existe en quantité assez notable dans le côrps de l'homme, que cette quantité est sans cesse renouvelée par l'absorption de mets et de boissons qui contiennent du cuivre et le docteur Armand Gauthier (*Le cuivre et le plomb*, Paris 1883) évalue à 6 milligrammes environ, le poids de métal que nous ingérons journellement. Puisque l'homme absorbe impunément cette quantité de cuivre, il s'ensuit que l'action de ce métal n'est pas aussi terrible que nous le disent les anciens auteurs et, de fait, le Dr Galippe a pu manger pendant près d'un an des mets chargés de cuivre, au point de présenter souvent la coloration bleue caractéristique des corps qui contiennent ce métal, sans être incommodé. D'expériences faites sur des chiens, il résulte que ces animaux peuvent absorber de 0,95 à 4 grammes de sulfate de cuivre par jour sans que la mort s'ensuive. Cette dernière proportion est plus que suffisante pour communiquer aux alîments un goût nauséeux qui s'oppose à leur absorption et fait que l'empoisonnement par le cuivre ne peut guère être accidentel.

Il n'en est pas de même si le cuivre a été volontairement ingéré à doses élevées: les préparations de ce métal sont des émétiques puissants qui, pris en notable quantité, amènent toujours une grande perturbation dans l'organisme et quelquefois la mort.

Le lait et l'albumine d'œufs sont ce qu'il convient d'administrer dans les cas de tentative d'empoisonnement par les sels de cuivre. — V. pour les règlements concernant l'emploi du cuivre et de ses préparations l'*Ordonnance préfectorale* du 28 février 1853.

STATISTIQUE DE LA PRODUCTION DU CUIVRE.

Tableau de la production du cuivre métallique fondu (année 1881):

Angleterre	47.000	tonnes métriques.
Etats-Unis	32.000	—
Chili	32.000	—
Allemagne	14.800	—
Australie	10.000 (env.)	—
France	3.500 —	—
Espagne, Portugal	2.000	—
Russie	3.200	—
Suède et Norwège	2.000	—
Autriche-Hongrie	1.250	—
Italie	400	—
	147.000	tonnes métriques.

D'après M. Trasenster, à l'obligeance duquel nous devons la plus grande partie de nos documents statistiques, on peut estimer, comme suit, l'origine du cuivre produit dans le monde entier.

La méthode de traitement primitive, c'est-à-dire la méthode ignée (procédé Gallois, etc.) fournit à peu près tout le cuivre américain, soit, en 1881; 32,000 tonnes aux Etats-Unis et 32,000 tonnes au Chili.

En Angleterre, on a traité par cette méthode, environ 150,000 tonnes de minerai indigène ou étranger desquelles on a extrait 12,500 tonnes de cuivre brut. Les usines anglaises ont raffiné, en outre, 15,000 tonnes de régules et mattes riches du Chili, de la Bolivie, etc., qui ont pu produire 6 à 7,000 tonnes de métal. Enfin, on peut attribuer à la méthode ignée les 11,500 tonnes de cuivre allemand, les 10,000 tonnes extraites en Australie et environ 10 à 12,000 tonnes produites dans les divers pays européens. La voie humide a été appliquée à deux millions de tonnes de pyrites pauvres d'Espagne, de Portugal et de Norwège, desquelles on a retiré 60,000 tonnes de cuivre de cément correspondant à environ 35,000 tonnes de métal raffiné.

La métallurgie du cuivre dans les principaux pays de production. Angleterre. La statistique officielle de 1881 (mineral statistics) constate que les mines du Royaume-Uni ont fourni pendant cette année: 52,556 tonnes anglaises de minerai provenant principalement du Cornwall, du Devonshire et de l'ile d'Anglesea.

On peut résumer, comme suit, l'état de l'industrie du cuivre dans ce pays:

Nature du produit	Minerai traité en Angleterre	Cuivre extrait
1° Minerai indigène	52.556	3.875
2° Minerai brut étranger	102.805	8.510
3° Pyrite pauvre grillée	396.737	14.000
4° Régule du Chili et précipités d'Espagne et Portugal	44.385	19.973
Total	596.483	46.358

Le minerai étranger provient de la colonie du Cap 12 à 15,000 tonnes tenant 30 0/0 de cuivre environ); de Terre-Neuve et du Canada (20 à 30 tonnes), et de la mine d'Aroa (Venezuela) qui a exporté, en 1881, 17,200 tonnes de minerai et 2,200 tonnes de lingots et précipités.

Le chiffre n° 3 représente le produit du traitement des pyrites cuprifères d'Espagne et du Portugal, grillées dans les fabriques d'acide sulfurique; le résidu d'oxyde de fer traité par un acide donne un sel soluble de cuivre, dont on déplace le métal par le fer.

Les *précipités* qui figurent dans le quatrième chiffre ont une origine analogue.

Allemagne. Les mines allemandes ont produit, en 1881, 523,000 tonnes métriques de minerai de cuivre, assez pauvre, en général; l'extraction a occupé 12,100 ouvriers. Si on ajoute à cela 34,000 tonnes de pyrite espagnole traitées à Duisbourg (Prusse-Rhénane), on peut

décomposer de la façon suivante le chiffre de la production totale du cuivre, en Allemagne.

Situation des usines	Minerai traité	Cuivre obtenu	Nombre d'ouvriers
	tonnes	tonnes	ouvriers
Mansfeld	445.000	11.000	1.615
Hartz	19.365	419	501
Westphalie	44.920	1.991	248
Prusse-Rhénane	34.000	1.251	186
Divers	»	140	»
Totaux		14.802	2.560

Espagne. D'après la statistique officielle, les mines espagnoles ont occupé, en 1881, 9,335 ouvriers qui ont extrait 1,445,000 tonnes de pyrite pauvre provenant surtout de la province de Huelva (Rio-Tinto, Tharsis, etc.). Un tiers, environ, est expédié, à l'état cru, vers les fabriques d'acide sulfurique d'Angleterre et du continent ; le reste est grillé sur place et le résidu est traité par voie humide pour en retirer le cuivre. Ce traitement a occupé 3,000 ouvriers; en 1881, et a produit 23,475 tonnes de *cuivre de cément* qu'on a expédié, en très grande partie, vers l'Angleterre, où il est raffiné. Il en résulte que le cuivre extrait du minerai espagnol est égal à 25 ou 30,000 tonnes, chiffre qui ne figure pas, naturellement, au compte de la production indigène du cuivre fondu.

Portugal. Les mines de Huelva se continuent sur le territoire portugais et sont exploitées notamment à San-Domingos, d'où on a expédié 178,000 tonnes de minerai, en 1880, ainsi que 8,000 tonnes de *précipité*.

États-Unis. Voici, exprimé en tonnes métriques, le rendement en cuivre du minerai extrait des mines Nord-Américaines, durant les années 1881 et 1882.

Districts	Année 1881	Année 1882
Lac supérieur	24.500	25.800
Arizona	3.600	7.000
Montana	700	4.500
Autres Etats	3.200	3.500
	32.000	40.800

Le minerai du Lac Supérieur est du cuivre natif, celui des Montagnes Rocheuses est constitué, en majeure partie, par des pyrites riches.

Le nombre d'ouvriers, occupés dans les mines et usines, était, en 1880, de 6116.

Chili. L'exportation du cuivre, fourni par le Chili, a beaucoup décru ces dernières années, ainsi que le montre le tableau suivant :

Année 1879	50.000	tonnes métriques.
— 1880	43.600	—
— 1881	38.600	—

Voici, par ordre d'importance, la liste des pays d'exportation (année 1881).

Pays de destination	Cuivre en barres	Mattes et régules	Minerai cru
	tonnes	tonnes	tonnes
Angleterre	21.400	5.470	730
France	7.120	20	»
Allemagne	960	110	»
Autres Etats	2.270	500	»
	31.750	6.100	730

Australie. La plus grande partie du minerai extrait des mines dn Queensland, de la Nouvelle-Galles-du-Sud et de l'Australie Méridionale est traitée sur place ; l'exportation est de 10,000 tonnes de lingots et de 3 à 4,000 tonnes de minerai à destination d'Angleterre. — ALF. R. et ALB. R..

LE CUIVRE AU POINT DE VUE ESTHÉTIQUE

Si le lecteur veut prendre la peine de se reporter au mot DÉCORATION, il y trouvera exactement formulés et motivés avec le plus grand soin les principes généraux de l'esthétique des arts décoratifs. Ces principes doivent être ramenés à une loi fondamentale trop souvent violée, couramment négligée, appliquée seulement par instinct, tellement méconnue, et à vrai dire si peu connue, que nous n'hésiterions pas à la rappeler ici, quand bien même il ne serait pas nécessaire d'en avoir les termes présents à la mémoire pour l'intelligence du présent article.

Mettre en évidence, et pour ainsi dire en action, exalter en quelque sorte les différentes qualités spéciales à la substance qu'il s'agit de décorer, *bois, pierre, terre, métal, verre, étoffe, ivoire, etc.* ; qualités qui peuvent se rencontrer diversement réparties en d'autres corps, mais dont la réunion, telle qu'elle se trouve proportionnellement établie en chacun d'eux, distingue cette substance de toute autre, fait qu'elle est telle et non telle autre, non point métal mais bois, non pas soie mais laine ; en conséquence, mettre à profit, pour plaire aux yeux, le plus grand nombre possible, sinon chacune de ses propriétés, qui sont autant de ressources décoratives offertes à l'homme de talent qui la façonne ; mettre d'accord, dans une émulation généreuse autant que féconde, l'essence de la matière brute et l'intelligence de l'artiste, l'invention des formes, l'imagination créatrice, en un mot, et la Nature : telle est cette loi.

Nous devons donc nous demander, tout d'abord, quelles sont les propriétés physiques du cuivre. Au fur et à mesure qu'elles nous seront connues, nous aurons à en déduire les qualités esthétiques. Le cuivre est un métal fusible, malléable, ductile, oxydable et de couleur rougeâtre.

Métal, le cuivre est un corps pesant, opaque, brillant, susceptible d'être poli. Pesant, il offre donc des garanties de résistance à l'action des troubles atmosphériques ; opaque, c'est-à-dire ne laissant pas transparaître la lumière, il impose à l'artiste l'obligation de calculer les saillies du modelé de façon à ce qu'elles ne projettent point d'ombres trop dures ou de trop grande étendue ; brillant et susceptible d'être poli, il reçoit et reflète la lumière par grandes nappes dans les surfaces mousses, par de vifs accents dans les surfaces accidentées.

Fusible, le cuivre a la propriété de passer de l'état solide à l'état liquide par l'effet de la chaleur et de devenir solide en se refroidissant. Il épousera donc toutes les formes du moule dans lequel on coulera la fonte de cuivre (V. FONTE) : il permet donc à l'artiste de s'abandonner à tous les caprices de mouvement que lui suggérera son imagination. Presque aussitôt que les

hommes ont su fondre le cuivre et en fabriquer des ustensiles, ils ont reconnu de nombreuses imperfections dans son emploi à l'état pur, et la nécessité de le rendre plus dur et plus résistant par un alliage, ce qui a donné naissance à la fabrication du bronze (V. BRONZE).

Malléable, le cuivre peut être battu, forgé, étendu à coups de marteau, c'est-à-dire qu'on peut en modifier la forme à l'infini, le transformer en plaques de grande étendue propres à être modelées elles-mêmes sous le marteau en surfaces indifféremment concaves ou convexes et d'une solidité devenue d'autant plus grande par le battage. Ces plaques travaillées au *repoussé* (V. ce mot) èt réunies au moyen de rivets peuvent donc, par leur assemblage, former des statues colossales, qui ne pourront être exécutées en aucune autre matière, comme le *Vercingétorix* de M. Millet à Alise, ou la *Liberté éclairant le Monde*, de M. Bartholdi, à New-York.

Ductile, on peut tirer le cuivre, l'allonger, l'étendre sans le rompre, le convertir en lamelles flexibles, d'une souplesse incomparable, propres à former les cloisons dans lesquelles on dépose la pâte d'émail pour les *émaux cloisonnés* (V. ce mot), et les fils de damasquine incrustés dans un métal plus dur.

Oxydable, il se revêt par l'action de l'oxygène, qui fait partie de l'air atmosphérique, d'un composé naturel de couleur verdâtre, vulgairement connu sous le nom de vert de gris ; cette enveloppe superficielle est parfois imitée artificiellement à titre de *patine* (V. ce mot) pour donner à des objets de fabrication récente l'aspect d'objets antiques.

Rougeâtre à l'état pur, la couleur du cuivre peut être modifiée, comme nous venons de le voir, par l'oxydation naturelle et de même ramenée à diverses nuances de vert par l'oxydation artificielle, d'une part. D'autre part, au moyen d'un alliage de zinc très fréquemment usité, il peut passer à l'état de laiton ou cuivre jaune dont la couleur est en effet d'un beau jaune clair et brillant.

Sous cette forme, il joue un rôle important dans la décoration des meubles, fondu en parties rapportées, laminé et découpé en rubans incrustés dont Boule et Crescent ont obtenu de si précieux effets. Le moyen âge a fait un usage fréquent de grandes plaques de cuivre jaune gravées de figures d'abbés, d'évêques, de religieuses, d'armoiries en guise de pierre tombale. Le trait de gravure très large était rempli d'une pâte noire détachant le dessin sur le poli ébouissant du cuivre. On sait, en outre, que les graveurs et spécialement les graveurs à l'eau-forte se servent de plaques de cuivre rouge facile à attaquer au burin, à la pointe sèche ou à l'acide.

Ajoutons enfin que le cuivre a toujours été employé conjointement avec l'argent et l'or pour les pièces d'orfèvrerie et notamment au moyen âge pour les châsses, reliquaires, candélabres, crosses, etc. Aussi nos collections renferment-elles nombre d'objets d'art remarquables, bien que leur valeur intrinsèque soit presque nulle, parce que les orfèvres apportaient autant de soins à leur confection que s'ils eussent été en métal précieux. — E. CH.

Bibliographie : Dictionnaire du commerce et de la navigation, 1873 ; *Dictionnaire de chimie*, d'Ad. WURTZ ; *Leçons de chimie élémentaire appliquees aux arts industriels*, par GIRARDIN, Paris, 1872 ; *Métallurgie*, de PERCY, 1875 ; *Rapports du jury de l'Exposition de Paris*, 1878, cl. 43 et 47 ; *Rapports sur l'Exposition d'électricité de Paris*, 1881 ; *Essai d'application de l'Electrolyse à la métallurgie*, par MM. BLAS et MIEST, Paris, Gauthier-Villars, 1882 ; *Traité d'analyse chimique qualitative et quantitative*, de R. FRÉSÉNIUS, 1879 ; *Annales de chimie et de physique*, 3e série t. LXI et LXVII, 4e série t. II et XXX, 5e série t. XIII ; *Communications inédites*.

CUL-DE-FOUR. *T. d'arch.* On désigne sous ce nom une surface à double courbure, engendrée par une courbe décrivant un quart de révolution, autour d'un axe rectiligne reliant les extrémités de cette courbe ; c'est donc une surface sphérique, et le cul-de-four représente le quart de cette surface, considérée par son côté intérieur. Bien entendu la surface peut être engendrée par une demi-circonférence, une demi-ellipse, une anse de panier, une parabole, etc., ou un arc de l'une de ces courbes. Une des principales applications de la surface en cul-de-four est celle qui est faite dans les constructions, la niche dans laquelle on loge des statuettes, des objets décoratifs, vases, luminaires, etc., a sa partie supérieure en forme de cul-de-four.

CUL-DE-LAMPE. *T. d'arch.* Ornement dont l'aspect se rapproche de celui d'un cône renversé et qui remplit tantôt la fonction d'une console, tantôt celle d'une clef pendante. || *T. de grav. et de typogr.* Ornement qui se termine en pointe vers le bas et que l'on met à la fin d'un chapitre, d'un livre pour remplir l'espace blanc.

CULASSE. Partie qui forme le fond de l'âme d'une bouche à feu ou d'une arme à feu portative. La culasse peut faire corps tout entière, avec la pièce elle-même, ou bien se composer de deux parties, l'une faisant corps avec l'arme et l'autre mobile destinée à s'introduire dans la première. Cela dépend du mode de chargement adopté : chargement par la bouche ou chargement par la culasse.

— Cette deuxième manière est la plus naturelle et c'est elle en effet qui se présenta la première aux canonniers ou arquebusiers qui, au XIVe siècle, réussirent à utiliser la force des gaz de la poudre comme force de projection. Mais les procédés industriels de cette époque étaient trop grossiers pour qu'après avoir chargé, on pût refermer la culasse avec une solidité suffisante ; aussi l'idée d'avoir un fond faisant corps avec le canon et d'introduire la charge par l'avant fut-elle alors un véritable perfectionnement. Dans tous les systèmes réguliers de bouches à feu ou d'armes à feu portatives qui se sont succédés depuis le XVIe siècle, jusqu'au milieu du XIXe, il ne fut plus question du chargement par la culasse. Un grand nombre d'inventeurs, presque tous étrangers à l'artillerie et même à l'armée, n'en proposèrent pas moins des systèmes de fermetures de toutes sortes. Bon nombre de ces projets ont même été expérimentés, surtout dans le courant du XVIIIe siècle et le commencement du XIXe siècle.

Si tous ces constants efforts sont restés pendant si longtemps sans résultat heureux, c'est que, tout en s'efforçant de construire des mécanismes de fermeture satisfaisant plus ou moins aux conditions de manœuvre et de solidité, aucun des inventeurs n'avait songé à s'affranchir des fuites de gaz et des dégradations qui en sont la conséquence. C'est à notre époque que revient l'honneur d'avoir rendu pratique le chargement par la culasse, en rendant la fermeture hermétique, autrement dit en assurant l'*obturation*.

Dans tout système de fermeture de culasse il y a donc à considérer deux parties, complètement indépendantes l'une de l'autre: le mécanisme de fermeture, proprement dit, ou *culasse mobile*, destiné à résister à l'action des gaz, et l'*obturateur*, qui doit empêcher l'échappement des gaz par tous les joints et fissures, qui existent forcément entre l'âme et le mécanisme, quelle que soit la précision avec laquelle on l'ait ajusté. Dans tout ce qui va suivre, il ne sera question que des différents modes de fermeture par la culasse qui ont été appliqués aux bouches à feu (V. BOUCHES A FEU). Pour tout ce qui concerne le mécanisme de fermeture des armes à feu portatives, on se reportera aux mots CARABINE, FUSIL, PISTOLET, REVOLVER.

Le premier système de fermeture appliqué aux bouches à feu qui ait satisfait d'une façon à peu près complète aux deux conditions énoncées plus haut est celui qui fut construit en 1830, par *Cavalli*, officier d'artillerie piémontais. Vinrent ensuite le système *Wahrendorff* inventé par un industriel suédois vers 1840 et le premier système *Armstrong*, devenu réglementaire dès 1850 dans l'artillerie anglaise qui dix ans après l'avait à peu près complètement abandonné. La Prusse qui adopta vers 1862, le système Wahrendorff, le remplaça en 1864 par le système *Kreiner* ou à double coin dans lequel deux coins poussés en sens inverses se forçaient dans une mortaise percée en travers de la culasse; le système à double coin trop compliqué et sujet à se détraquer fut bientôt remplacé par le système à coin simple ou système *Krupp* dans lequel un seul et unique coin est forcé dans une mortaise dont les faces sont légèrement obliques l'une par rapport à l'autre. Dans le modèle primitif le coin était prismatique, dans les derniers modèles le coin est cylindro-prismatique. Sa partie antérieure est prismatique et la partie postérieure demi-cylindrique. Le système de fermeture à coin Krupp, à cause de sa grande simplicité et de sa grande solidité a été adopté par un grand nombre de pays.

En France, les premières études suivies relatives au chargement par la culasse remontent aux années 1858 et 1859; elles ont été entreprises sur la demande de l'Emperenr par le colonel Treuille de Beaulieu, de l'artillerie de terre, qui, dès 1842, avait proposé l'emploi d'une vis à filets interrompus pour la fermeture de culasse des bouches à feu. L'idée de fermer la culasse à l'aide d'une vis n'était pas nouvelle ; mais le vissage et le dévissage de la vis, lorsqu'on voulait fermer ou ouvrir la culasse, exigeait beaucoup trop de temps, aussi avait-on renoncé à ce mode de fermeture en enlevant sur la vis et son écrou les filets suivant le nombre égal de secteurs ; il suffit pour pouvoir dégager la vis de son écrou en la ramenant en arrière de faire tourner la vis juste de la fraction d'un tour nécessaire, pour faire correspondre les secteurs filetés de la vis avec les secteurs lisses de l'écrou. Les expériences qui furent alors exécutées par les soins du département de la marine, conduisirent à l'adoption, en 1861, pour les canons de la marine, du principe du système de fermeture à vis à filets interrompus.

Ce n'est qu'en 1867 que l'artillerie de terre entreprit quelques essais avec des canons se chargeant par la culasse, essais qui n'avaient encore abouti à aucun résultat définitif lors de la déclaration de guerre de 1870. Pendant la guerre on construisit un certain nombre de canons de campagne, soit à Paris, soit en province, d'après le système qui avait été étudié, un peu avant la guerre, à l'atelier de Meudon par le commandant de Reffye. Ces pièces étaient également pourvues d'un mécanisme de culasse à vis à filets interrompus; par suite de l'adoption définitive en 1873, comme armement provisoire, de pièces de ce système le chargement par la culasse est devenu alors réglementaire dans l'artillerie de terre. De même que le système de fermeture *de Reffye*, le système de *Bange*, appliqué, depuis 1877, aux nouveaux canons en acier, qui actuellement constituent l'artillerie de terre française, est à vis à filets interrompus.

Seule aujourd'hui, parmi les grandes puissances, l'Angleterre construit encore des canons se chargeant par la bouche, mais à la suite d'une longue polémique occasionnée par plusieurs accidents qui ont été attribués aux inconvénients du chargement par la bouche, l'artillerie anglaise semble revenir au chargement par la culasse et vouloir donner la préférence à un système de fermeture à vis à filets interrompus, imité en partie du système de fermeture de la marine française.

En résumé, depuis que la question du chargement par la culasse est à l'ordre du jour en Europe, un grand nombre de systèmes de fermeture ont été proposés, beaucoup ont été essayés et plusieurs d'entre eux ont même été mis en service. Aujourd'hui toutes ces inventions, plus ou moins ingénieuses, ont été mises de côté, et il ne reste plus en présence que deux sortes de mécanismes de fermeture, la vis à filets interrompus et le coin simple, et deux modes d'obturation : les obturateurs en matière plastique et les obturateurs métalliques. Nous allons décrire successivement les deux types principaux de chacun de ces systèmes; le système français ou système de Bange, et le système allemand ou système Krupp et nous nous contenterons d'indiquer pour les autres ce qui les différencie des premiers.

Système de Bange (fig. 703 et 704). La vis de culasse ou culasse mobile, en acier, a un très petit diamètre, de façon à réduire le plus possible son poids, elle se visse dans son logement qui est placé à l'arrière du canon dans le prolongement de l'âme;

la vis et son écrou présentent l'un et l'autre trois secteurs filetés et trois secteurs lisses, de telle sorte qu'il suffit de faire tourner la vis d'un sixième de tour, soit pour dégager les secteurs filetés de la vis de ceux de l'écrou, soit pour les y engager. Lorsque les secteurs lisses de l'un correspondent aux secteurs filetés de l'autre, on peut ramener la vis en arrière et la sortir complètement de son logement. La vis est alors soutenue et guidée par un volet qui est réuni au corps du canon au moyen d'une charnière, et peut se rabattre sur le côté de façon à dégager complètement l'ouverture de la culasse. Un loquet automoteur, logé dans le volet et dont le bec s'engage dans une gâche ménagée dans la culasse, assure le bon fonctionnement du mécanisme : il empêche le volet de s'ouvrir tant que la vis de culasse n'est pas complètement dégagée de son écrou, et une fois le volet ouvert, il rend impossible tout mouvement de la vis indépendamment du volet.

L'obturation est assurée au moyen d'une rondelle de matière plastique (rondelle en amiante imbibée de suif et enveloppée de toile), protégée sur ses deux faces par des coupelles en étain, renforcées elles-mêmes par des bagues fendues en laiton qui l'empêchent de trop se déformer ; elle est placée en avant de la vis de culasse et maintenue en place par une tête mobile en acier qui la rend solidaire des mouvements de translation de la vis, mais non de son mouvement de rotation. Le champignon, sorte de renflement métallique qui termine la tige de la tête mobile recouvre la rondelle et la protège contre l'action directe des gaz enflammés ; la tige, traversant de part en part la vis de culasse, est fixée à l'arrière à l'aide d'une bague qui lui laisse un certain jeu. Le canal de lumière, destiné à permettre l'inflammation de la charge, est percé dans l'axe de la tige de la tête mobile. Au moment de l'explosion de la charge la pression des gaz s'exerce sur le champignon et comprime la rondelle dont les bords s'appliquent fortement contre les parois de la chambre, fermant ainsi toute issue aux gaz, les coupelles d'étain empêchent la matière de glisser dans les joints.

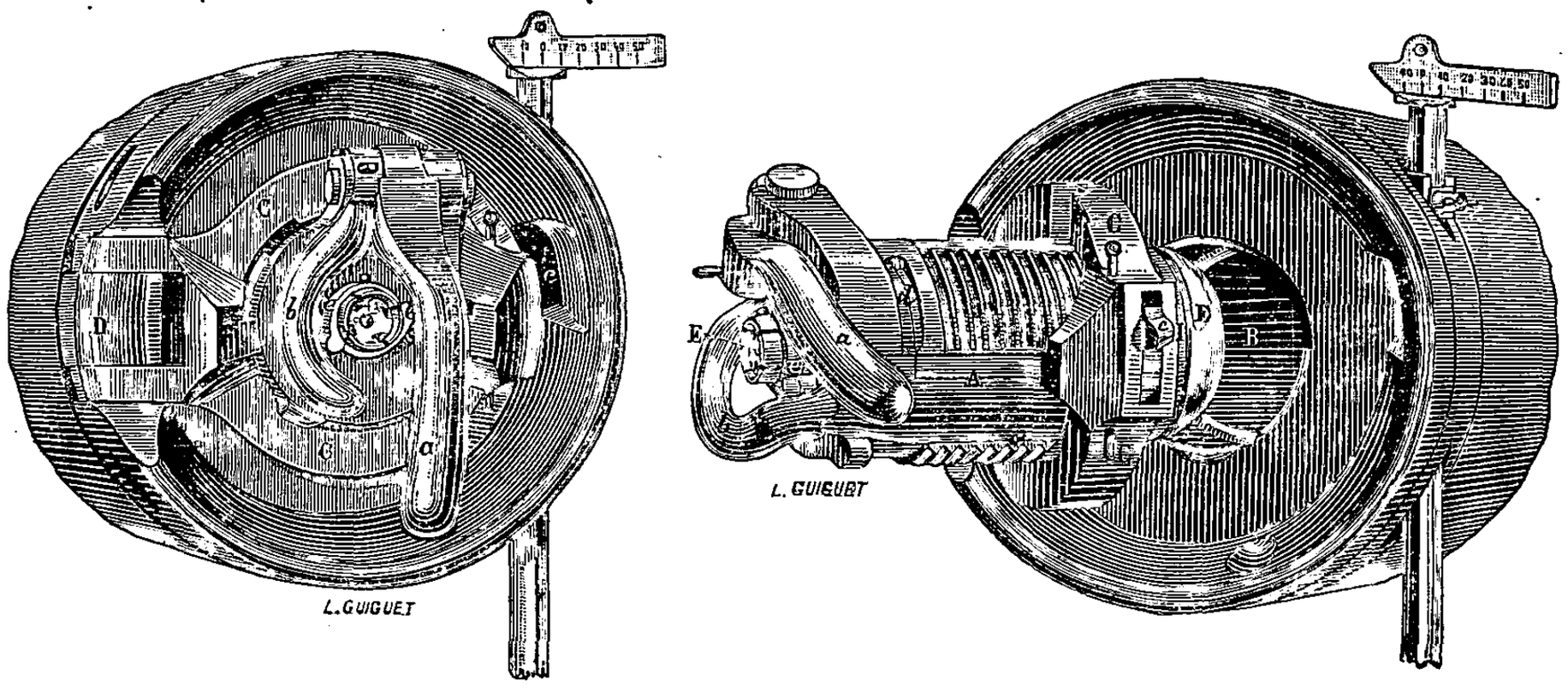


Fig. 703 et 704. — *Mécanisme de culasse à vis à filets interrompus (Système de Bange). Canons de campagne français de 80 mill. et 90 mill., modèle 1877.*

A Vis de culasse à filets interrompus présentant 3 secteurs filetés et 3 secteurs lisses. — *B* Logement de la vis de culasse présentant 3 secteurs filetés et 3 secteurs lisses. — *C* Volet destiné à supporter la vis de culasse quand on la retire de son logement. — *D* Boulon de charnière du volet. — *a* Levier-poignée dont la tête en forme de canne peut pivoter autour d'un boulon ; lorsqu'il est relevé, il remplit l'office de manivelle pour tourner la vis, et sert, quand il est rabattu, à empêcher la vis de tourner. — *b* Poignée fixe servant à ramener la vis en arrière. — *c* Loquet fonctionnant automatiquement qui sert à empêcher le volet de s'ouvrir tant que la vis de culasse n'est pas complètement dégagée de son logement. — *d* Rainure transversale du talon du loquet servant à assurer son perfectionnement — *EE* Tête mobile : sa tige et son champignon, le canal de lumière, les entailles destinées à maintenir le rugueux de l'étoupille et empêcher celle-ci de s'échapper avant la mise à feu. — *e* Bague de tête mobile destinée à empêcher celle-ci de se séparer de la vis de culasse. — *I* Obturateur plastique composé d'une rondelle d'amiante imbibée de suif, protégée par une enveloppe de toile et 2 coupelles en étain renforcées sur les bords par des bagues fendues en laiton.

Un levier-poignée, dont la tête est en forme de came et qui est relié à la vis de culasse au moyen d'une articulation à charnière, sert à la manœuvre. Lorsque la culasse est fermée, la tête de ce levier-poignée, pénétrant dans une mortaise de sûreté, ménagée dans le volet, s'oppose au *dévirage*, c'est-à-dire à tout mouvement de rotation de la vis pendant le tir. Pour ouvrir la culasse, on relève le levier-poignée, et fait tourner la vis de culasse jusqu'à l'arrêt du mouvement ; on rabat alors le levier dont la came prenant appui sur le volet, oblige la vis à se reporter en arrière, et dégage en partie l'obturateur de son logement. On achève ensuite de tirer la culasse à la main à l'aide d'une poignée fixe qui fait corps avec la vis ; sans le levier-poignée il ne serait pas possible, dans le tir réel, de dégager l'obturateur qui adhère très fortement dans son logement.

Système Krupp (fig. 705 à 707 et légendes). La fermeture de la culasse est assurée par un coin unique, de forme cylindro-prismatique, mobile dans une mortaise perpendiculairement à l'axe du canon. Une vis, qui est reliée au coin et dont les filets s'engagent dans un écrou, ménagé dans le corps du canon, permet de serrer le coin dans son logement ou de le desserrer, cette vis n'est filetée

que sur une moitié de circonférence afin qu'il suffise d'un demi-tour pour la dégager. On achève ensuite de ramener le coin sur le côté gauche en le tirant, à la main pour les petits calibres, ou à l'aide d'une vis spéciale pour les gros calibres ; son mouvement est limité par une vis arrêtoir se déplaçant dans une rainure. Vers son extrémité droite le coin est percé de part en part d'un trou qui constitue la fausse âme et vient se placer dans le prolongement de l'âme, lorsque la culasse est ouverte, de façon à permettre le chargement. L'avant de la fausse âme est garni d'une couronne en bronze formant manchon de chargement qui, grâce à deux dents qui glissent chacune dans une rainure légèrement oblique, s'avancent lorsqu'on tire le coin, et suppriment toute solution de continuité entre la fausse âme et l'âme du canon. Pour les gros calibres, la fausse âme n'est pas complète afin d'alléger le plus possible la pièce de fermeture ; le manchon de chargement se met et se retire à volonté.

L'obturation est assurée au moyen d'un anneau en acier, du système *Boadwell* ou d'un système analogue, placé à demeure dans son logement qui est sphérique. Grâce à sa forme et par suite de l'élasticité du métal, sous la pression des gaz, cet anneau s'applique fortement d'une part contre les parois de son logement, et prend appui d'autre part contre une plaque en acier qui, logée dans le coin, forme le fond de l'âme lorsque la culasse est fermée et ferme ainsi toute issue aux gaz par le joint qui existe entre le coin et le corps de la pièce. La plaque d'appui est mobile et disposée de façon qu'on puisse régler le serrage qu'elle doit exercer sur l'obturateur, suivant l'usure des surfaces. Des gorges circulaires sont creusées sur les deux faces de l'anneau, de sorte que, si un filet gazeux réussissait à pénétrer dans une de ces rigoles, il se répandrait dans cet espace relativement grand et perdrait une partie de sa tension.

Dans ce système de fermeture le canal de lumière est le plus généralement percé dans le coin lui-même, soit dans le prolongement de l'axe de l'âme, soit obliquement ; dans ce dernier cas, il se prolonge à travers la vis arrêtoir, que l'on nomme alors *vis de lumière*. Cette vis de lumière remplit l'office de système de sûreté, puisque l'on ne peut mettre le feu à la charge tant que les deux portions du canal ne sont pas exactement dans le prolongement l'une de l'autre, c'est-à-dire tant que la culasse n'est pas complètement fermée. Un petit anneau obturateur en cuivre empêche toute fuite de gaz au point de jonction des deux portions du canal.

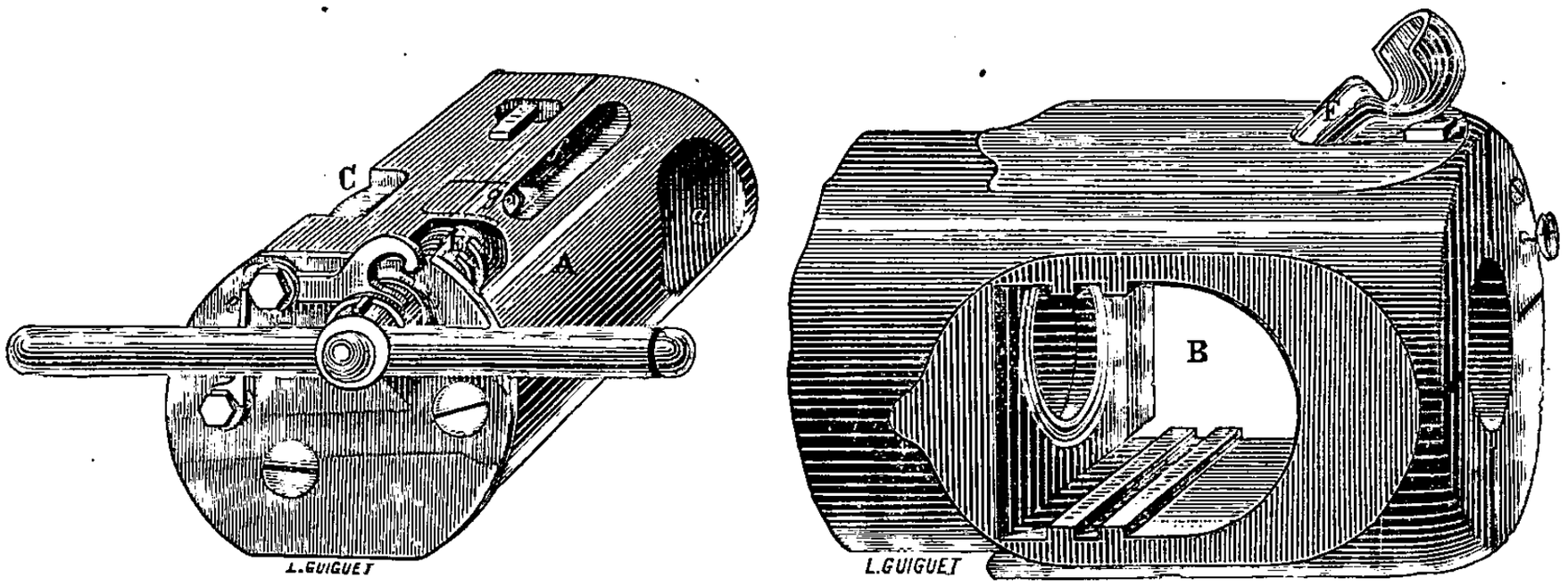


Fig. 705 et 706. — *Mécanisme de culasse à coin cylindro-prismatique (Système Krupp). Canons de campagne allemands, modèle 1873.*

Coin cylindro-prismatique. — *a* Trou de chargement avec manchon destiné à faciliter l'introduction de la charge. — *B* Mortaise servant de logement au coin. — *C* Plaque d'appui d'obturateur. — *D* anneau obturateur en acier. — *E* Vis de serrage du coin et sa manivelle. — *e* Linguet avec ressort, destiné à empêcher la manivelle de tourner. — *F* Vis de lumière faisant en même temps office de vis arrêtoir pour limiter les déplacements du coin — *f* Rainure de vis de lumière. — *g* Anneau obturateur de lumière destiné à empêcher les fuites de gaz au point de raccordement des deux portions du canal de lumière.

Fermetures à vis. Dans le premier système de fermeture adopté par la marine pour ses bouches à feu modèle 1858-60, la vis de culasse est reçue sur une console à glissière, qui se déplace parallèlement à elle-même, suivant un guide en arc de cercle ou en ligne droite. Dans le modèle 1864, la console à cadran ou à coulisse a été remplacée par une console à charnière, un loquet qui se manœuvre à la main remplit le même office que le loquet automoteur du sys-

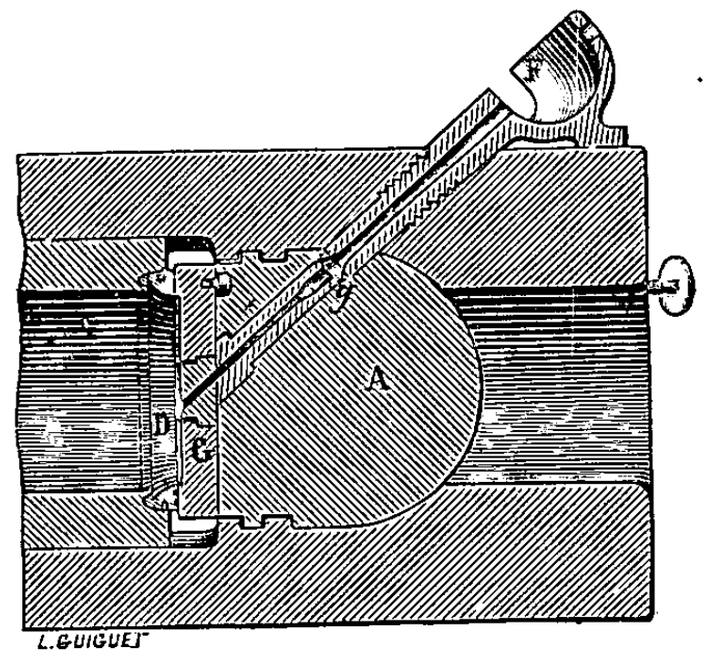


Fig. 707. — *Voir la légende ci-dessus.*

tème de Bange. Dans ces deux premiers systèmes de fermeture, l'obturation est assurée au moyen d'une coupelle, en tôle d'acier au wolfram, formant culot, qui est fixée contre la tranche de la vis de culasse. Dans le système de fermeture modèle 1870, pourvu également d'une console à charnière, pour les gros calibres, d'un volet pour les petits ; l'obturateur est un anneau en cuivre rouge à demeure dans son logement, et dont le fonctionnement est analogue à celui de l'anneau Broadwell. Dans ces trois systèmes de fermeture de la marine française, la vis de culasse est manœuvrée à l'aide d'une manivelle qui est reliée à la vis de culasse d'une façon invariable. Un linguet de sûreté empêche le dévirage. Pour les pièces de très gros calibre les mouvements de la vis de culasse, soit dans le glissement longitudinal en avant et en arrière, soit dans le vissage et le dévissage, sont produits mécaniquement au moyen d'un système d'engrenages ; les servants n'ont plus à exécuter à la main que le mouvement de rotation de la console. Cela est d'autant plus nécessaire que dans les pièces de la marine la vis de culasse a un diamètre et, par suite, un poids relativement beaucoup plus considérable que dans les pièces de l'artillerie de terre. Dans les pièces du modèle 1870, le canal de lumière percé dans l'axe de la vis est muni d'un dispositif spécial, permettant d'assurer l'obturation de la lumière et remplissant en même temps l'office d'appareil de sûreté en empêchant de mettre le feu tant que la culasse n'est pas vissée à fond.

L'artillerie de terre possède un grand nombre de pièces en bronze, se chargeant par la culasse, pourvues du système de fermeture de Reffye. Comme pour les pièces de la marine, le diamètre de la vis est assez fort et la manœuvre se fait à l'aide d'une manivelle; mais cette manivelle, au lieu d'être fixée sur la vis, est engagée par son œil à toc sur un tenon pourvu de cames ; grâce à un certain jeu on peut agir par choc, et, par suite, avec beaucoup plus de force, pour serrer ou desserrer la vis. Le mérite d'avoir substitué un volet à la console, pour les pièces de petit et moyen calibre, et imaginé un verrou automoteur destiné à remplacer le loquet des systèmes de fermeture de la marine, appartient au commandant de Reffye ; ces deux perfectionnements ont été, comme nous l'avons vu, appliqués également au système de Bange, seulement l'inventeur a substitué au verrou le loquet automoteur. Dans les pièces de Reffye l'obturation est assurée par le culot métallique de la gargousse ; par suite, comme dans les armes à feu portatives tirant des cartouches métalliques, l'obturateur change à chaque coup. La lumière traverse la vis obliquement, un couvre-lumière empêche d'introduire l'étoupille tant que la vis n'est pas vissée à fond. Quelques pièces en acier, en service dans l'artillerie de terre, sont munies du système de fermeture de Lahitolle, dans lequel le mécanisme de fermeture à vis à filets interrompus, offre une certaine ressemblance avec celui du système de Reffye, tandis que l'obturation est assurée au moyen d'un obturateur du système de Bange ; la lumière est placée dans le renfort même de la pièce au lieu d'être percée suivant l'axe de la tête mobile qui est maintenue en place par une vis à arrêtoir.

L'artillerie italienne a adopté pour ses canons de côte un système de fermeture à vis analogue au modèle 1864 de la marine, l'obturateur est un anneau du système Broadwell, maintenu en place sur la culasse mobile elle-même; la Suède a également adopté pour ses canons de côte un système de fermeture à vis, imité du système de la marine française. En Russie, des essais ont été faits avec le système de fermeture à vis et l'obturateur de Bange. Enfin, l'usine Armstrong applique actuellement aux bouches à feu, fabriquées dans ses ateliers, en particulier aux derniers canons de 100 tonnes qui lui ont été commandés par le gouvernement italien, le système de fermeture à vis à filets interrompus avec console à charnière ; l'obturateur est une sorte de coupelle métallique dont le tracé est dû à M. Noble, ingénieur de la maison Armstrong. Pour les canons de 100 tonnes, en particulier, la masse énorme de la vis de culasse a rendu nécessaire l'emploi de moteurs hydrauliques, pour la manœuvrer.

Fermetures à coin. La Russie, l'Italie, la Suisse, la Belgique, la Suède et le Danemarck ont adopté, au moins pour leurs pièces de campagne, la fermeture de culasse à coin cylindro-prismatique, allemande, système Krupp, à peu près sans modification aucune. Quelques autres puissances, l'Autriche, l'Espagne, ont conservé le coin prismatique, en se contentant de remplacer chacune des deux arêtes de la tranche postérieure par un pan coupé.

En abattant ainsi les arêtes postérieures du coin, les constructeurs ont eu pour but d'augmenter la solidité de la pièce de fermeture, et surtout de supprimer les deux angles rentrants de la face postérieure de la mortaise, qui avaient à supporter tout l'effort du recul, et étaient de véritables amorces de rupture préparées dans la culasse du canon, déjà fort affaiblie en cet endroit.

Quelques puissances ont préféré, à l'anneau obturateur en acier, du système Broadwell, un anneau en cuivre de forme analogue.

Comparaison des deux systèmes de fermeture. Le mécanisme de fermeture à coin a l'avantage d'être plus simple et moins délicat que celui à vis; il oppose au recul une large surface et une forte épaisseur, tandis que dans la vis, tout l'effort est supporté par les filets, qui n'ont qu'une faible surface et une faible épaisseur. De plus, les filets de la vis ne se soutiennent pas toujours les uns les autres d'une manière complète, car la précision de l'ajustage n'est jamais parfaite, et d'ailleurs l'effort des gaz se fait sentir tout d'abord sur les filets les plus rapprochés de la charge.

En revanche, le coin présente les inconvénients suivants : Il nécessite, dans la culasse, une large mortaise, qui affaiblit outre mesure la résistance dans cette partie, et il s'oppose à l'emploi de frettes pour la renforcer. Augmentant la largeur de la culasse, il offre plus de prise aux coups de

l'ennemi et rend plus difficile la construction d'un affût disposé pour le tir sous les grands angles. Enfin, il alourdit beaucoup le poids de la culasse. Dans son mouvement transversal de va-et-vient, le coin peut déplacer l'obturateur ou la gargousse, si cette dernière n'a point été assez enfoncée, la manœuvre peut alors devenir difficile, quelquefois même impossible. La vis de culasse, au contraire, lorsqu'on l'engage dans son logement, pousse la charge à fond. Enfin, le système de fermeture à coin ne se prête guère à l'emploi d'un obturateur en matière plastique. Pour toutes ces raisons, le système de fermeture à coin n'a jamais trouvé beaucoup de partisans en France.

Comparaison des différents modes d'obturation. L'obturateur est la pièce la plus délicate du système de fermeture des pièces se chargeant par la culasse et, pour bien fonctionner, il doit satisfaire à un certain nombre de conditions indispensables. Il doit : 1° pouvoir fonctionner sûrement à des températures variant de +20° à +100°; 2° ne contracter aucune adhérence avec la pièce ou bien le mécanisme et s'en séparer aisément au moment de l'ouverture de la culasse ; 3° être assez souple pour se mouler sur son logement et cependant assez rigide pour ne pas céder et glisser dans les joints qu'il a mission de couvrir; 4° enfin il faut, au moment où les gaz pourraient se glisser dans les joints que l'obturateur forme lui-même, soit avec le canon, soit avec la culasse, que cet obturateur soit appliqué contre les parois de son logement avec une pression supérieure à celle des gaz dans ces mêmes joints, sans quoi il ne servirait à rien.

Les obturateurs par *serrage initial*, obtenus par la compression de surfaces en métal mou, sont les premiers auxquels on ait eu recours, on y a complètement renoncé.

Viennent ensuite les obturateurs par *serrage initial et automatique*, composés le plus généralement d'une coupelle ou d'un anneau de métal élastique s'appuyant, d'une part, sur un logement préparé dans le canon et, d'autre part, sur le système de fermeture. La partie antérieure amincie doit avoir assez de souplesse pour pouvoir se mouler dans son logement quand elle est pressée par le mécanisme de fermeture, ce qui assure le serrage initial ; la pression des gaz achève de l'appliquer fortement contre les parois. Il faut dans ce cas que le métal, tout en ayant une grande élasticité, soit assez fort aux angles pour ne pas s'écraser et glisser dans les joints, ce qui rend la construction et l'entretien de pareils obturateurs fort difficiles et exige qu'ils soient ajustés avec une grande précision ; la moindre crasse, la moindre poussière peut les empêcher de fonctionner, leur emploi nécessite des lavages continuels et un soin très minutieux. Tels sont tous les anneaux du système Broadwell, la coupelle obturatrice des canons de la marine, modèles 1858 et 1864, et le culot en carton embouti employé avec les pièces du système Warhendorf.

Les obturateurs *automatiques par expansion et sans serrage initial* ne sont autres que les cartouches métalliques. La gargousse à culot métallique du système de Reffye rentre dans cette catégorie ; elle présente les mêmes inconvénients que ceux de la catégorie précédente, mais pas au même degré, puisque l'obturateur est changé à chaque coup. Mais si la cartouche métallique est préférable à tout autre mode d'obturation pour les armes portatives, il n'en est pas de même pour les bouches à feu tirant à forte charge ; car alors l'enveloppe métallique augmente dans de trop fortes proportions le poids et le prix de revient, ainsi que les difficultés de fabrication des munitions, et dans le tir elle donne trop souvent lieu à des difficultés d'extraction qui peuvent même entraîner momentanément la mise hors de service de la bouche à feu.

Restent les obturateurs *automatiques par compression*, dont le principe consiste à faire supporter la pression des gaz à une rondelle de matière molle qui se comprime et s'applique fortement contre les parois de son logement. Une tête mobile en métal est interposée généralement entre la rondelle et les gaz, afin de la préserver du contact direct de la flamme et répartir plus uniformément la pression. Telle est la rondelle en caoutchouc du fusil Chassepot ; mais le caoutchouc est trop sensible aux variations de température, se détériore trop facilement au contact de la graisse. De plus, comme le caoutchouc, en vertu de sa grande élasticité, subit un retrait assez sensible lorsque les gaz n'agissent plus sur lui, si la rondelle n'est pas construite avec une très grande précision, avant que les gaz aient vaincu l'inertie de la tête mobile et de l'obturateur, ils pénètrent dans le joint et, dès lors, il peut se produire, au premier instant, des fuites qui détériorent rapidement l'obturateur et son logement. Cet inconvénient, d'autant plus à craindre que le calibre est plus grand et la charge plus forte, a fait que, à la suite de nombreux essais faits en 1868 et 1872, on a dû renoncer à l'emploi du caoutchouc pour les bouches à feu. Au contraire, une rondelle de matière plastique peut facilement être moulée d'avance dans son logement et, en tout cas, elle s'y moule forcément au premier coup. Plusieurs matières plastiques ont été successivement expérimentées en 1872 et 1873 par le capitaine de Bange : d'abord du savon, puis un mélange de talc et de graisse, mais ces matières n'avaient point une consistance suffisante. Enfin l'inventeur a remplacé le talc graisseux par une rondelle d'amiante imbibée de graisse ; cette rondelle est enveloppée de toile et comprise entre deux coupelles d'étain, dont les arêtes sont renforcées par des anneaux brisés en laiton. Cet obturateur, lorsqu'il est échauffé, et ramolli par le tir, peut encore s'écraser ou se gonfler au moindre choc. Mais la plupart du temps on peut remédier à cet inconvénient en rendant à l'obturateur, avec les doigts, une forme à peu près cylindrique, de manière à pouvoir fermer la culasse ; on achève de lui rendre sa forme en le moulant dans son logement par un coup de refouloir. Enfin, en le plongeant dans l'eau ou en le mouillant avec une éponge, on peut le refroidir et le rendre

moins mou. Même lorsqu'il y a eu perte de matière, il peut encore fonctionner pendant un certain temps.

Culasse. Partie inférieure du diamant taillé en biseau.

***CULASSEMENT.** *T. techn.* Action de culasser une arme à feu.

CULÉE. *T. de constr.* Ouvrage de charpente ou de maçonnerie que l'on élève sur un quai ou sur une berge, pour fournir un point d'appui résistant à la portée d'une travée, dans les ponts formés de poutres droites en charpente ou en fer ; à la retombée d'une arche, dans les ponts en maçonnerie ou composés de cintres en bois ou en métal ; à l'amarrage des câbles, dans les ponts suspendus. — V. Pont.

CULOT. *T. techn.* Métal qui s'est séparé des scories et qui, après la fusion d'un mélange métallique, reste au fond du creuset. || Ornement du chapiteau corinthien d'où sortent les volutes ou des rinceaux. || Fond de gargousse, de cartouche ; partie la plus épaisse de la bombe. || Petit creuset qui sert à la fonte de l'or et de l'argent.

***CULOTTE.** *T. techn.* Outre le nom de cette partie du costume masculin qui descend des hanches jusqu'aux genoux, on désigne ainsi en *techn.* : 1° la demi-lisse à maille simple, et dont l'évolution se combine avec celles de la *lisse de tour* et de *la lisse* anglaise pour constituer l'ensemble des mouvements à l'aide desquels on exécute le *tour anglais*. Ce procédé sert dans la fabrication des tissus à jour (V. le mot Gaze). 2° *Culotte d'échappement. T. de chem. de fer.* Pièce ordinairement en fonte qui se place dans la boîte à fumée des locomotives et qui reçoit la vapeur d'échappement à sa sortie des cylindres, pour la diriger dans la cheminée. Elle se termine, à la partie inférieure, par une bifurcation qui la rattache aux cylindres et d'où lui est venu son nom ; elle se termine, au sommet, par la tuyère d'échappement qui débouche à la base de la cheminée.

CULOTTIER, IÈRE. *T. de mét.* Ouvrier, ouvrière qui confectionne des culottes et, par extension, des pantalons.

CULTIVATION A VAPEUR. Le mot *cultivation* désigne toutes les opérations mécaniques ayant pour but d'ameublir le sol, c'est-à-dire de rompre l'agrégation moléculaire, qui fait de certains sols, en temps humide, une pâte plastique, et, en temps sec, des amas de mottes dures comme pierres, toutes impropres à la végétation. Dans d'autres sols, la cultivation a pour but d'accroître l'ameublissement ou d'exposer de nouvelles molécules terreuses à l'action des agents atmosphériques.

Les appareils attelés employés à cet ameublissement sont les *charrues*, les *extirpateurs*, les *scarificateurs* et les *herses*, qui remplacent les appareils à bras tels que les *bêches*, les *pioches*, les *houes* et les *rateaux*. Les *rouleaux* remplaçant les antiques pilons à bras, servent aussi à rompre les mottes durcies, mais parfois aussi à plomber le sol, pour lui donner superficiellement une certaine compacité, utile en quelques circonstances.

La cultivation se fait surtout avant l'ensemencement, et son but principal est alors de préparer la terre à recevoir les graines et à favoriser leur germination. Pour certaines plantes annuelles ou vivaces, telles que les racines, le colza, la vigne, etc., il y a une cultivation plus ou moins complète qui doit se faire pendant la végétation même de ces plantes. Elle a le même but général que la précédente et, le plus souvent, celui aussi de détruire les mauvaises herbes croissant spontanément sur le sol.

Dans tous les cas, la cultivation du sol est une opération mécanique d'ameublissement exigeant une grande force motrice ou, plus exactement, une forte dépense de travail moteur. En outre, elle ne peut s'exécuter qu'à des époques précises et dans une durée parfois restreinte à quelques jours.

Dans l'état actuel, la cultivation se fait à l'aide de bœufs et de chevaux avec les appareils dénommés ci-dessus, et qui ont été ou seront examinés dans ce *Dictionnaire*. Nous n'avons donc, pour le mode habituel de cultivation, qu'à renvoyer nos lecteurs aux mots Charrue, Extirpateur, Houe et Scarificateur.

Pour améliorer la cultivation, la vapeur devrait aujourd'hui remplacer, dans nos champs, les bœufs et les chevaux. Aussi, depuis une quarantaine d'années, la culture à vapeur a été l'objet de nombreuses tentatives de la part des inventeurs, en Angleterre surtout. L'histoire détaillée de ces essais, dont plusieurs ont réussi, serait intéressante et utile, mais la place qui nous est allouée ici ne nous permet qu'un résumé très succinct.

Les premiers essais eurent pour but de faire mouvoir à la vapeur des bèches ou des pioches. Une locomobile se transportant elle-même en tirant sur des ancres transmettait le mouvement à des pioches ou à des bèches. Une forte partie du travail moteur était dépensée au transport inutile de la locomobile. Ces systèmes, connus surtout par la piocheuse des frères Barrat, datant de 1845, et celle de Kientzy et Jarry (1857), n'ont pas réussi : le travail revient à un prix fort au-dessus de celui du travail avec des chevaux. Usher remplaçait à la même époque les pioches alternatives par un disque rotatif portant des corps de charrues, venant tour à tour ouvrir et retourner le sol. Les inconvénients sont du même genre.

Dès 1851, lord Willoughby inventait une charrue, mue en va-et-vient en travers du champ, à l'aide d'un câble, mû par une locomotive placée sur un des côtés du champ, et se déplaçant au fur et à mesure de l'avancement du labour, par un système d'ancre et de moufle. A chaque raie tracée, la charrue était soulevée de terre mécaniquement, puis retournée. La manœuvre était lente et assez difficile. Quelques années plus tard, un Français, M. Grosley, plaçait de chaque côté du champ un moulin à vent roulant, porté par quatre roues et attaché à un ancre. Une chaîne portant une charrue dos à dos, faisant la navette, était mue par une transmission convenable du mouvement des moulins à vent. Quand la charrue arrivait au bout de la raie, elle agissait sur un appareil de déclanchement qui la faisait sortir de terre pendant que la force du moulin faisait avancer celui-ci de 30 centimètres, puis la charrue s'abaissait pour entamer une nouvelle raie avec son corps symétrique du 1er. Tout se faisait ainsi automatiquement comme dans une machine à raboter le fer. La

charrue pouvait marcher sans guide nuit et jour, tant que le vent soufflait.

Ce système, essayé à l'école de Grignon avec encouragement du gouvernement, ne réussit pas, pour le seul fait que la charrue, à certain moment, faisait l'effet d'une ancre : le moulin à vent continuant à agir, la chaine cassait forcément. Le vent étant absolument gratuit, le labour fait ainsi serait fort économique ; mais malheureusement le vent fait parfois défaut au moment où le labour doit se faire. En remplaçant les deux moulins à vent par deux locomobiles on aurait eu un système de labourage à vapeur satisfaisant, avec la condition de faire monter sur la charrue un conducteur chargé de maintenir la profondeur et éviter les ruptures.

A la même époque, de nombreux appareils de culture à vapeur furent inventés. Tous avaient pour principe commun, l'emploi d'une locomobile motrice, stationnant en un coin du champ et enroulant et déroulant alternativement un câble attaché à un polysoc symétrique du genre dit tête-à-tête (V. Charrue). Les différences entre ces systèmes portaient sur le mode d'enroulage, sur les systèmes d'ancrage, de porte-câble, etc., et sur les dispositions d'attelage de la charrue. Tantôt la machine à vapeur est absolument stationnaire, tantôt elle se meut lentement et périodiquement le long d'un des côtés du champ. Le cultivateur de Howard est le meilleur de ce genre, puis vient celui de M. Debains.

Dans un autre système, celui de Romaine, un grand cylindre porte comme outils d'ameublissement des couteaux à tranchants, dirigés d'abord suivant le prolongement d'un rayon, puis suivant une parallèle à l'axe, on opérait ainsi une espèce de piochage en faisant rouler ce cylindre à l'aide de la vapeur. Cet essai peut être le point de départ d'appareils capables de faire un labour superficiel dans des conditions relativement économiques.

Enfin, le dernier pas dans le progrès de la culture à vapeur a été fait par J. Fowler, auquel on doit de nombreux perfectionnements de détail des systèmes de cultivation avec une seule machine à vapeur locomotive. Le meilleur système a pour moteurs deux locomotives portant chacune un treuil sur lequel s'enroule, bien guidé, ou se déroule, le câble attelé à un polysoc tête-à-tête, sur lequel est assis le conducteur qui la règle avec toute facilité. Avec ce système, le labour peut être fait avec une très grande rapidité, pourvu que les locomotives soient d'une force suffisante ; les pertes de temps pour mises en train et pour passer d'un champ à un autre, sont réduites au minimum.

Au point de vue mécanique, le problème de la cultivation à vapeur est absolument résolu, soit par un des systèmes à une seule locomobile à vapeur, comme celui de Howard, soit par le système à deux locomobiles de Fowler, ou d'Aveling et Porter. Mais il reste la question économique, qu'il n'est pas possible de passer sous silence. La question doit se poser ainsi : « Dans quelles circonstances doit-on conseiller la culture à vapeur ? » Nous allons donner les éléments de la réponse à cette question générale.

Une machine ne peut en remplacer une autre qu'à la condition de faire un *meilleur travail* ou un travail identique à un plus bas prix ou dans un moindre temps. Avant de conseiller l'adoption de la culture à vapeur aux cultivateurs français, nous les engageons à s'assurer que la vapeur fera ou un meilleur labour, ou un labour plus économique, ou plus promptement exécuté qu'avec les chevaux. Voyons ce qu'il en est. 1° Les charrues à vapeur font-elles un meilleur travail que les charrues mues par des chevaux ou des bœufs ? En ce qui a trait au découpage de la bande et à son retournement, la qualité du labour ne dépend que de la forme des pièces travaillantes, le coutre, le soc et le versoir, et non du moteur. Mais à un autre point de vue, la vapeur a quelques avantages sur les chevaux et les bœufs; ceux-ci, en effet, *piétinent* la terre, ce qui est très facheux dans les terres fortes argileuses. Pour une charrue simple traînée par deux chevaux, il y, par mètre carré, environ neuf traces de pas (90,000 par hectare). Ainsi, un cinquième de la surface du sous-sol est piétiné par l'attelage, sans compter les pas du laboureur, moins fâcheux; or, dans chaque pas l'eau du sol humide peut séjourner et nuire à la végétation. La charrue à vapeur ne présentant pas, cet inconvénient, peut labourer des terres un peu humides, quoique tous les agronomes recommandent de ne jamais labourer un sol argileux lorsqu'il est humide. Toutefois, la vapeur, ici, a comme force motrice des charrues, des scarificateurs, des herses et des semoirs, un avantage que nous ne lui marchanderons pas et qui, dans certaines situations, a beaucoup d'importance. Les hersages et les roulages à vapeur sont aussi, nous l'admettons, mieux exécutés, à égalité d'outillage, qu'avec les chevaux ou les bœufs. La réponse à la première partie de la question posée est donc en faveur de la vapeur, et si l'avantage de ce moteur n'est pas très grand sur les animaux de trait, puisqu'il n'existe que pour les terres plastiques à un certain état d'humidité, il est du moins incontestable.

2° La préparation de la terre à l'aide de la vapeur est-elle plus économique qu'à l'aide des animaux de trait ? Il est très difficile de répondre à cette question d'une façon générale, car il faudrait pouvoir estimer d'une manière absolument exacte le prix de revient de la journée de travail d'une charrue à vapeur et de celle d'un cheval ou d'un bœuf. Or, les éléments de ces prix de revient sont fort difficilement déterminables. Les partisans de la vapeur dans les champs admettent 200 jours de *travail effectif* chaque année, ce qui nous semble un peu trop élevé, car il faut compter de nombreuses journées ou fractions de journées uniquement employées au déplacement des appareils. Or, sur les 365 jours de l'année, il en est une partie notable correspondant à des récoltes sur pied où ne peuvent entrer ni charrues, ni herses, ni rouleaux, etc.

Admettons cependant ce chiffre, 5 0/0 d'intérêt du prix d'achat, 10 0/0 d'amortissement et 5 0/0 d'entretien, on arrive à 100 francs pour la journée d'un appareil Fowler à deux locomotives de dix chevaux nominaux chacune.

Nous avons à peu près prouvé qu'un cheval de 650 kilogrammes vivant, bien nourri, est, en kilogrammètres, l'équivalent d'un cheval-vapeur. Nous adopterons cette donnée pour faciliter les comparaisons. Deux machines à vapeur de dix chevaux travaillant alternativement, ou dix chevaux-vapeur travaillant d'une manière permanente reviennent à 130 francs par journée de dix heures de travail, soit par cheval-vapeur, 13 francs.

De l'aveu donc des partisans des charrues à va-

peur, la journée du cheval-vapeur dans les champs est de 13 francs, s'il y a deux locomotives en fonction. Ce prix serait d'au moins 9 francs dans les systèmes à une seule machine à vapeur. Voici, du reste, les chiffres mêmes donnés par M. Fowler.

2 machines de traction à un cylindre de 8 chevaux	29.484 fr.
730 mètres de câble spécial en fil d'acier, etc.	1.915 20
Charrues à 2 socs	2.142 »
id. 4 socs	3.074 »
id. 6 socs	2.646 »
Scarificateur à 9 dents	2.217 60
Herse ordinaire	1.386 »
Deux rouleaux et un bâti	1.612 80
Tonneau à eau à 2 roues pour alimenter d'eau les machines	756 »
Total de l'outillage	45.233 60

Si les locomotives à vapeur sont de dix chevaux nominaux, il faut compter 50,000 francs, d'où le prix de revient de 100 francs par journée de travail effectif; 50 francs pour intérêt, amortissement et entretien de l'outillage; 15 francs de charbon au moins, 10 francs pour les deux chauffeurs, 7 francs pour le laboureur et le charretier, 3 francs pour le manœuvre manœuvrant le porte-câble, et 3 fr. 50 pour le cheval au tonneau, soit 88 fr. 50. En ne comptant qu'une journée de déplacement pour cinq journées de travail effectif, il faut ajouter, pour cette perte de travail, 7 fr. 70 par journée, soit en tout au moins 96 fr. 20, ou, en nombre rond, 100 francs.

Ainsi, par cheval-vapeur au volant de la machine, c'est 10 ou 9 francs par jour. Or, ces 75 kilogrammètres au volant ne valent plus guère que 60 kilogrammètres, car la transmission au treuil, l'enroulement du câble et son frottement prennent une partie sensible de la force motrice. Sur la charrue, un cheval-vapeur ne doit donc faire que les 4/5 au plus du cheval vivant attelé directement à cette charrue. Or, un cheval vivant ne revient qu'à 3 francs par journée de travail dans la plupart des cas; nous le compterons cependant à 4 francs. Pour toute personne habituée à l'estimation du travail mécanique, il est donc certain *a priori* que le labour à vapeur coûtera plus qu'avec des chevaux. Mais la différence dépendra de l'espèce de labour à faire et de la nature du sol.

En sol léger, 1 mètre cube remué par la charrue dépense 3,500 kilogrammètres. Alors, deux chevaux vivants de 70 kilogrammètres font, en neuf heures de travail effectif, deux fois 720 mètres cubes, ou si la profondeur est de $0^m,2$, 72 ares, coûtant 8 francs pour les chevaux et 4 francs pour le conducteur, avec l'entretien, l'amortissement et l'intérêt de la charrue, soit 12 francs pour 72 ares, ou 16 fr. 66 par hectare. Si on emploie un bisoc avec trois chevaux, on remuera 2,160 mètres cubes, ou, pour la même profondeur, 108 ares pour 16 francs ou 14 fr. 81 par hectare. Comme les charrues ordinaires pour labour en planches perdent en tournées de 1/5 à 1/10 du temps; il faut accroître alors ces prix de 1/10 environ, soit 18 fr. 33 à 16 fr. 30.

Avec la charrue à vapeur, les dix chevaux-vapeur, réduits sur le câble à huit, remueraient 617 mètres cubes, ou pour $0^m,20$ de profondeur, 3 hectares 08 pour une somme de 100 francs, soit par hectare 32 fr. 46.

Dans des terres moyennes, l'économie des chevaux vivants sur la vapeur serait plus faible, mais très sensible.

Enfin, pour des labours très profonds en terres très difficiles, le prix de revient du labour à vapeur serait seulement d'un dixième plus élevé qu'avec les chevaux. Comme nous sommes partisans de l'emploi des chevaux pour les travaux de cultivation, nous n'abuserons pas de ce fait qu'avec des bœufs, l'économie sur la vapeur serait beaucoup plus grande. En résumé, on peut donc dire que, sauf pour les très grandes exploitations et pour des labours en terres très fortes et à une très grande profondeur, la charrue à vapeur est trop coûteuse.

3° Un avantage sensible de la vapeur, c'est la possibilité d'effectuer, après la moisson, très rapidement tous les déchaumages. Au lieu de prendre pour moteur une ou deux machines à vapeur placées sur le champ à labourer, on peut transmettre à la charrue, par câbles électriques et machines Gramme, la force motrice d'une roue hydraulique ou d'une machine à vapeur fixe. On perd ainsi 50 0/0 de la force motrice. — V. ELECTRICITÉ. — J. A. G.

* **CUMÈNE.** *T. de chim.* Carbure d'hydrogène qui a pour formule $C^{18}H^{12}$... $\overset{\circ}{C}{}^{9}H^{12}$, et n'a quelque importance dans l'industrie des couleurs dérivées de la houille, que parce qu'il accompagne les benzines impures. Il se trouve aussi dans le naphte de Burmah, et on peut l'obtenir avec l'acide cuminique, le phorone, l'eugénate de baryte.

Le cumène de la houille, du naphte, serait de la triméthylbenzine $\overset{\circ}{C}{}^{6}H^{3}(\overset{\circ}{C}H^{3})^{3}$... $C^{12}H^{3}(C^{2}H^{3})^{3}$, et celui de l'acide cuminique et du phorone, de la propylbenzine, $\overset{\circ}{C}{}^{6}H^{5}(\overset{\circ}{C}{}^{3}H^{7})$... $C^{12}H^{5}(C^{6}H^{7})$.

* **CUNETTE.** *T. techn.* Partie d'un aqueduc où circulent les eaux. || Canal pratiqué dans un fossé de fortification, pour faciliter l'écoulement des eaux.

* **CUNIN-GRIDAINE** (LAURENT), manufacturier, né à Sedan en 1778, mort en 1859, s'éleva, par son intelligence et son travail, des rangs les plus obscurs à l'une des plus brillantes situations du monde industriel et de la vie parlementaire. Simple ouvrier de la manufacture de draps de M. Gridaine, Laurent Cunin devint le gendre, puis le successeur de son patron (1824). A partir de cette époque, il se fit appeler CUNIN-GRIDAINE. Élu député, en 1827, de Mézières et de Sedan, il fut, sous la monarchie de Juillet, nommé ministre de l'agriculture et du commerce. Son rôle politique ne nous appartient pas, mais son œuvre industrielle est trop considérable pour n'en point parler. L'industrie de Sedan lui doit de nombreux perfectionnements, et c'est grâce aux améliorations qu'il introduisit dans l'outillage que la draperie sédannaise s'est longtemps maintenue au

premier rang de l'industrie nationale. Son fils, M. Charles CUNIN-GRIDAINE, né en 1819, mort en 1881, succéda à son père et fit partie de nos assemblées législatives. Il était, à sa mort, sénateur et officier de la Légion d'honneur.

***CUPIDON.** *Myth.* Divinité dont l'origine est diversement établie. Cicéron distingue Cupidon de l'Amour; le premier, selon lui, était fils de la Nuit et de l'Erèbe, et le second, fils de Jupiter et de Vénus. Quelques auteurs prétendent que Cupidon était fils de Mars et de Vénus. Nous n'avons point à étudier la filiation de Cupidon, mais simplement à dire sous quelle forme les artistes le représentent. L'antiquité, éprise de la poésie de la matière, de la forme idéale, a personnifié de mille manières ce dieu que les Grecs appelaient *Eros* et les Latins *Cupido*. Les modernes, ainsi que les anciens, ont conservé au dieu malin la forme enfantine ou celle d'un adolescent. On le voit représenté nu, tantôt avec des ailes d'or ou de pourpre, tantôt aveugle, ou un bandeau sur les yeux ; quelquefois, il est à cheval sur un lion dont la crinière lui sert de rênes. Quelquefois encore, il porte un flambeau allumé, ou il tient des lys et son front est couronné de roses ; on symbolise aussi sa puissance sur la terre et sur les ondes, en lui faisant tenir une rose d'une main et de l'autre un dauphin.

***CUPRO-MANGANÈSE.** *T. de métall.* Le cupro-manganèse est un alliage contenant 75 de cuivre et 25 de manganèse. Si, au moment de couler le cuivre ou ses alliages avec le zinc et l'étain, on introduit dans le métal en fusion une faible quantité de cupro-manganèse, l'élimination de l'oxygène contenu dans le métal est complète:

$$CuO + Mn = Cu + MnO$$

En raison de la grande affinité de l'oxygène pour le manganèse, il se forme du cuivre métallique et du protoxyde de manganèse qui se transforme rapidement en silicate au contact des parois, toujours plus ou moins siliceuses, du vase où se fait la fusion. On se débarrasse de cette scorie silicatée et le métal coulé ensuite est d'une parfaite homogénéité, avec toutes les qualités de ductilité et de ténacité qui lui sont propres. On voit l'analogie frappante entre l'emploi du cupro-manganèse dans l'industrie du cuivre et celui du ferro-manganèse dans la métallurgie de l'acier (V. FERRO-MANGANÈSE). Dans les deux cas, le manganèse, par sa facilité d'oxydation, sert de *réducteur de l'oxygène*, absorbé par le bain métallique à la fin de l'affinage.

Le cupro-manganèse s'emploie de la manière suivante: on couvre le bain métallique de charbon et on ajoute la quantité de cupro-manganèse nécessaire, sous forme de grenailles. Quand la fusion est supposée complète, on brasse, pour faciliter le mélange, et on coule. Toutes les fois que l'on a besoin d'un métal très malléable ou très tenace, notamment pour le bronze des canons, le métal à cartouches, le cuivre de tréfilerie, etc., on emploie le cupro-manganèse; dans le cuivre pour doublage de navires, il augmente beaucoup la durée des plaques ; la plus grande homogénéité offrant moins de prise à la destruction par l'eau de mer.

CURAÇAO. Liqueur de table faite en distillant avec de l'eau-de-vie les écorces d'une petite orange amère appelée *bigarade*, et dont la peau a été préalablement divisée en quartiers et séchée au soleil. On fait venir cette orange de l'île de Curaçao (Antilles), mais on la cultive aussi ailleurs et notamment, en France, dans les Alpes-Maritimes. Le produit de la distillation est blanc et c'est ainsi qu'il devrait être consommé, mais le goût du public exige une coloration du curaçao que les fabricants obtiennent à l'aide du bois de Fernambouc, de campêche, de curcuma, de l'acide citrique et autres substances quelquefois nuisibles.

CURAGE. *T. techn.* Opération qui a pour but de débarrasser des puits, des biefs d'usines, des réservoirs, etc., de la vase et des débris qui s'amassent au fond. Les matières que l'on en retire constituent des engrais d'une grande richesse. || Opération qui consiste à étendre le lin sur pré, après rouissage à l'eau, pour le blanchir.

CURCUMA. Le curcuma est la racine d'une plante de la famille des scitaminées (*curcuma tinctoria*). La plante croît aux Indes orientales, en Chine et en Cochinchine. La meilleure qualité est originaire du Bengale. La racine contient plusieurs substances: des ligneux, une substance amylacée, une gomme, une huile essentielle et finalement une matière colorante jaune la curcumine. Le curcuma de bonne qualité présente à l'intérieur une belle couleur orange. Il est doué d'une forte odeur aromatique et d'une saveur astringente.

On prépare la curcumine en épuisant par l'eau bouillante le produit commercial, on élimine ainsi les gommes et des impuretés brunes. Le résidu desséché est traité par l'alcool ; la dissolution alcoolique est évaporée et le résidu repris par l'éther.

Par évaporation de l'éther, on obtient la curcumine brute. On purifie la substance en la dissolvant dans l'alcool et la précipitant par l'acétate de plomb. La liqueur plombique ainsi obtenue est décomposée par l'hydrogène sulfuré; le mélange de sulfure de plomb et de curcumine est épuisé par l'éther qui ne dissout que la matière colorante. Par évaporation de la dissolution éthérée on obtient la curcumine pure sous forme de lamelles amorphes jaune-brun.

La curcumine est peu soluble dans l'eau bouillante, soluble dans l'alcool et l'éther; les alcalis donnent une dissolution d'un rouge brun.

Le curcuma est la seule matière colorante végétale jaune qui puisse être fixée sur les tissus de coton sans l'intermédiaire de mordants. Elle donne de très belles nuances jaunes qui sont malheureusement peu stables à la lumière. On se sert également du curcuma pour colorer le bois, le papier, la pommade, etc. C'est une matière colorante dont les applications sont actuellement très restreintes.

***CURETTE.** *T. de min.* Tige de fer plat terminée par une râcle destinée à retirer les débris du forage, après le travail de fleuret. || *Instr. de chir.* Sorte de cuiller en acier ou en argent, destinée à retirer les corps étrangers engagés dans certaines parties molles.

* **CURSEUR.** *T. de filat.* Petit anneau de forme demi-circulaire avec les deux bouts coudés d'équerre dans le sens du rayon, qui, dans les métiers à filer *continus à anneaux* ou *à curseurs*, remplit les mêmes fonctions que l'ailette dans les anciens métiers. En Amérique et en Angleterre, où ces métiers ont été d'abord employés, cet anneau est désigné par le nom de *traveller*, littéralement *voyageur*. En France, la dénomination de curseur tend à prévaloir. Nous consacrerons une étude spéciale à ce nouveau système de métiers. — V. FILATURE. || Petit corps mobile qui glisse à volonté dans certains instruments de précision.

* **CURVIGRAPHE.** *T. techn.* Instrument de mathématiques qui sert à tracer des courbes.

CUSCUTE. *T. de bot.* On désigne sous ce nom une plante parasite, de la famille des convolvulacées, qui envahit plus particulièrement les champs de lin. C'est la *cuscuta densiflora* des naturalistes, mais elle est plus connue à la campagne sous les noms de *bourreau du lin, lin maudit, bourre de lin, teigne, rasque, barbe de moine, cheveux de Vénus, cheveux du diable*, etc. Elle a une tige grêle et rameuse, blanchâtre, couverte d'écailles en guise de feuilles et portant ça et là des bouquets de fleurs. Lorsqu'elle touche une tige de lin, la plupart du temps elle s'y attache, la suce, et bientôt la fait périr. Lorsqu'elle ne peut s'attacher sur la plante, elle l'étouffe par les ramifications sans nombre dont elle la couvre, et, dans ce cas, un seul pied peut faire périr les tiges de lin dans un rayon de 3 mètres.

C'est donc un véritable fléau que la cuscute lorsqu'elle a pris pied dans un champ de lin, on doit donc toujours, autant que possible, avant de semer le lin, en cribler fortement la graine. La semence de la *cuscuta densiflora*, arrondie, grisâtre, un peu rugueuse, et plus petite que la graine de lin, s'échappe presque toujours. Mais on ne peut parfois en venir à bout; quelques grains peuvent se trouver en effet enfermés dans leurs capsules demeurées entières ou rester attachés à des morceaux de terre ou à tout autre corps étranger; ceux-là peuvent suffire malheureusement à infester un champ.

Quels sont donc les meilleurs moyens de se débarrasser de la cuscute? Les uns conseillent d'arroser les parties attaquées avec une dissolution de sulfate de fer (1 kilogramme par hectolitre d'eau) : deux jours après l'arrosage, disent-ils, on voit prendre à la plante une teinte noire fortement prononcée, et, quatre ou cinq jours après, sa destruction est entièrement achevée. Nous ne saurions dire si ce moyen est bon, ne l'ayant jamais vu mettre à l'épreuve. D'autres conseillent le parcage des moutons lorsque le lin n'a que quelques centimètres. Ce moyen est mauvais, car les bêtes ne dévorent que l'extrémité des plantes et peuvent dans leur avidité confondre la plante malsaine avec les jeunes pousses de lin. Il est aussi des agronomes qui veulent que l'on ne sème que de la graine venant des pays septentrionaux où la cuscute n'existe pas. Cela est par trop radical. Nous ne dirons rien des méthodes qui consistent à jeter du purin ou de l'acide sulfurique d'eau sur les parties infestées : cela ne nous semble pas sérieux. Le moyen le plus certain de ne plus voir reparaître la cuscute dans un champ est le suivant : le cultivateur arrache d'abord soigneusement avec les racines toutes les cuscutes et avec elles les plantes attaquées et même celles qui ne le sont pas dans un rayon de $0^m,50$ et même d'un mètre aux alentours. Il renferme dans un sac bien serré tout ce qui provient de cet épurage, jusqu'aux moindres fragments, et va brûler soigneusement le tout plus loin. Il charge ensuite la surface ainsi dépouillée de menus branchages et de paille, sans aucunement remuer la terre, de peur de recouvrir quelque graine ou quelque bout de tige, et il y met le feu. De cette façon, tout ce qui peut rester sur le sol, est détruit. — A. R.

CUSTODE. *T. de carross.* Partie intérieure de chaque côté du fond d'une voiture de luxe, et sur laquelle on peut s'appuyer.

* **CUVAGE D'INDIGO.** *T. de teint.* Les opérations par le moyen desquelles on dépose l'indigo sur le tissu portent le nom de *cuvage*. Elles se font de diverses manières : au moyen de petits cadres ou par la *champagne* (V. ce mot) ou à la *continue*. Dans ce dernier cas, l'étoffe passe sans s'arrêter, dans une cuve spéciale où elle s'imbibe de bain colorant, pour être ensuite exposée à l'air où l'indigo s'oxyde et se fixe sur le tissu. C'est ce que l'on appelle *déverdir*. Le passage dans une cuve s'appelle *trempe*. Les trempes sont de diverses durées et varient suivant les genres et la force des cuves. Quand on veut faire de l'uni clair, et bien solide, on donne des trempes de longue durée dans des cuves faibles. Pour les nuances foncées, les trempes se font dans des cuves fortes, mais elles sont de moindre durée. La trempe varie de 5 minutes à 15 minutes. La durée du déverdissage est en proportion de la durée de la trempe ; on donne ordinairement autant de temps à la trempe qu'au déverdissage.

Les cuves ne s'emploient pas toutes de même force; les unes sont faibles, les autres fortes, d'autres enfin, ne doivent pas être claires ; c'est-à-dire que, généralement, elles sont bien déposées, excepté quand on passe à la cuve dite *trouble*. Celle-ci ne sert que pour le commencement de la teinture et a pour but de mieux fixer les réserves et d'empêcher le *coulage*. Les cuves fortes elles-mêmes varient et, suivant la nature des réserves et le genre des dessins, on doit faire bien attention à la durée des trempes. Le cuvage se fait, soit dans de toutes petites cuves, ce qui permet le passage facile du cadre d'une cuve à l'autre, ou bien on se sert de grandes cuves, pouvant contenir jusqu'à 5,000 litres de bain. Suivant les besoins et l'emplacement, on les fait cylindriques ou carrées. On teint à froid ou à chaud, suivant les genres et les tissus. — V. INDIGO.

L'atelier où sont les cuves s'appelle *guèdre*, l'ouvrier qui dirige porte le nom de *guédron*. L'écume au-dessus de la cuve s'appelle *fleurée*, le dépôt *pâtée* ou *pied*. Remuer la cuve pour favori-

ser la dissolution de l'indigo, s'appelle *pallier* et se fait avec un outil dit *râble* par l'ouvrier *pallieur*. — J. D.

CUVE. *T. techn.* Nom d'une foule de vaisseaux et de récipients de formes et de capacités différentes, dont on se sert dans les arts, les sciences et l'industrie. On conçoit que leur nomenclature n'offrirait ici aucun intérêt, aussi prions-nous le lecteur de se reporter aux articles où sont décrites les opérations qui se pratiquent au moyen de cuves. Nous ne retiendrons que la cuve en *t. de métall.*; on donne ce nom à la partie cylindrique de certains fourneaux employés dans l'industrie.

Dans les *fours à cuve*, le combustible et la matière à traiter sont chargés par la partie supérieure, par couches alternatives. Comme la combustion ne se fait qu'à la partie inférieure, les produits de la combustion traversent de bas en haut toute la cuve et sortent après avoir concouru plus ou moins aux modifications chimiques opérées.

On peut donc considérer dans les fours à cuve deux courants : 1° Le *courant gazeux* ou courant ascendant; il se compose des produits de la combustion, plus ou moins altérés au contact des matières solides et ayant perdu la majeure partie de leur chaleur initiale; 2° le *courant solide* ou courant descendant; il est formé des matières chargées à la partie supérieure, s'échauffant peu à peu au contact du courant gazeux, changeant de composition physique et chimique au fur et à mesure de leur descente, et parvenant à la partie inférieure dans l'état demandé par l'opération.

Nous citerons quelques exemples de fours à cuve : le *four à chaux* est un four à cuve. On le charge à la partie supérieure en mettant des couches alternatives de calcaire et de combustible. A la partie inférieure a lieu la combustion; il se forme de l'oxyde de carbone qui traverse la cuve en échauffant peu à peu le calcaire, dont l'acide carbonique est entraîné au dehors. La chaux produite est tirée par le bas. Dans cet exemple, il n'y pas d'action chimique directe du courant gazeux sur le courant solide.

Le *cubilot* est encore un four à cuve. On y charge des couches alternatives de coke et de fonte. La combustion se fait à la partie inférieure et le courant gazeux, qui se compose en majeure partie d'oxyde de carbone, n'a d'autre action qu'un effet physique, la fusion de la fonte.

Le *haut-fourneau* est le vrai type du four à cuve : sa hauteur dépasse quelquefois 25 mètres et est rarement au-dessous de 18 mètres. Le minerai de fer, chargé avec du coke à la partie supérieure, s'échauffant peu à peu au contact des courants gazeux, à mesure qu'il descend davantage; en même temps, il se transforme complètement en fer métallique aux dépens de l'oxyde de carbone des gaz qu'il transforme en acide carbonique. Voilà un exemple où le courant gazeux sert non seulement à échauffer les matières à fondre, mais encore à en modifier la composition chimique.

Les fours à cuve sont, parmi les appareils industriels, ceux qui utilisent le mieux le combustible. On admet que dans la fabrication de la fonte, l'utilisation de la chaleur disponible dans le coke atteint 80 0/0.

Dans les fours à cuve, on donne le nom de *lit de fusion* à l'ensemble des matières chargées et qui doit amener la séparation de la gangue d'avec la matière utile. Le produit de l'élimination des matières inutiles ou nuisibles porte le nom de *scorie* ou de *laitier*, suivant les cas. — F. G.

CUVELAGE. On désigne sous ce nom la garniture dont on entoure les puits de mines destinés à traverser des terrains aquifères ou éboulеux, comme cela se présente dans le Nord de la France, dans la Ruhr, dans la Silésie, etc. La confection de ce cuvelage dépend du procédé même à l'aide duquel on établit le puits; il y a là un ensemble de questions intimement liées, et que le lecteur trouvera exposées aux articles PUITS DE MINE, SONDAGE.

CUVETTE. *T. techn.* Vase large, peu profond et à bords évasés, de formes et de matières différentes, qui sert aux usages domestiques et aux usages industriels. || *T. de phys.* Petit vase dans lequel plonge le tube du baromètre. || Petite branche d'un tube de baromètre à siphon.

CYANOGÈNE. *T. de chim.* Le carbone ne s'unit à l'azote qu'en une seule proportion pour fournir le cyanogène CAz. Le cyanogène libre correspond à la formule C^2Az^2 (nouv. not.). On obtient le cyanogène en décomposant le cyanure de mercure par la chaleur :

$$\underset{\text{Cyanure de mercure}}{Hg(CAz)^2} = \underset{\text{Mercure}}{Hg} + \underset{\text{Cyanogène}}{(CAz)^2}$$

Il se trouve en petite quantité dans les gaz des hauts-fourneaux.

Le cyanogène est un gaz incolore, doué d'une odeur piquante particulière, qui rappelle celle des amandes amères. Il est très vénéneux. Il est combustible et brûle avec une flamme pourprée, en se transformant en anhydride carbonique et en azote. La densité du cyanogène est =1,806; il se liquéfie à —21° ou sous la pression de 5 atmosphères à la température de 20°. Le cyanogène liquide est incolore, a pour densité 0,866 à 17° et se solidifie à — 34°. 1 volume d'eau dissout 4,5 volumes de gaz cyanogène; l'alcool en dissout jusqu'à 23 fois son volume. La solution aqueuse se décompose rapidement.

Dans la préparation du cyanogène, on obtient un résidu brun qui présente la même composition que le gaz; c'est un polymère qu'on nomme *paracyanogène*. Chauffé à une température élevée, il se transforme en cyanogène gazeux.

Le cyanogène joue le rôle d'un métalloïde halogène; c'est un véritable radical composé; uni à l'hydrogène, il forme l'*acide cyanhydrique* ou *prussique* CAzH. Il se combine directement au chlore, en donnant le chlorure de cyanogène CAzCl, et aux métaux, pour former des cyanures.

Acide cyanhydrique HCAz. L'acide cyanhydrique a été découvert par Scheele. La meilleure manière pour le préparer consiste à décomposer le ferro-

cyanure de potassium (prussiate jaune de potasse) par l'acide sulfurique dilué; on fait passer les vapeurs qui se dégagent à travers plusieurs tubes remplis de chlorure de calcium, qui retient l'eau entraînée; on plonge ces tubes dans l'eau chauffée à 30°—; l'acide cyanhydrique gazeux est condensé dans un mélange réfrigérant; on obtient ainsi un liquide incolore, mobile, densité =0,69 à 18°. Il bout à 26°,5 et se solidifie à —15°. Il est soluble en toutes proportions dans l'eau, l'alcool et l'éther. L'acide cyanhydrique en solution aqueuse se décompose rapidement avec formation de produits ulmiques.

L'acide cyanhydrique est combustible; il brûle avec une flamme pourprée. C'est un des poisons les plus énergiques que l'on connaisse. L'ingestion de sa vapeur amène instantanément la mort. Comme antidote, on a proposé le chlore et l'ammoniaque.

L'acide cyanhydrique est contenu en petites quantités dans l'eau de laurier-cerise et dans l'essence naturelle d'amandes amères; il provient de la décomposition de l'*amygdaline*.

L'*iodure de cyanogène* CAzI se trouve souvent dans l'iode du commerce. C'est un corps solide, volatil, très vénéneux, comme le sont presque tous les composés de cyanogène. — G. B.

CYANURE. *T. de chim. Généralités et modes de formation.* Les cyanures sont les combinaisons du cyanogène avec les métaux. Ils n'existent pas tout formés dans la nature. Parmi les nombreux modes de formation des cyanures, nous ne mentionnerons que les plus importants, surtout ceux qui présentent des applications industrielles. Le *cyanure de potassium* se forme lorsqu'on dirige un courant d'azote gazeux sur un mélange de charbon et d'hydrate ou de carbonate de potassium chauffé au rouge blanc. Le *cyanure d'ammonium* se produit avec élimination d'hydrogène ou de gaz des marais, lorsqu'on dirige un courant de gaz ammoniac sur du charbon chauffé au rouge. Il se produit aussi par la réaction de l'oxyde de carbone sur l'ammoniaque à la température du rouge; l'oxygène de l'oxyde de carbone se sépare alors à l'état d'eau. Les *cyanures alcalins* prennent surtout naissance lorsqu'on chauffe fortement les matières organiques azotées avec des alcalis caustiques. C'est même par cette méthode que l'on prépare la majeure partie des cyanures employés dans l'industrie.

Quant aux *cyanures des métaux* lourds, comme ils sont généralement insolubles dans l'eau, on les prépare par double décomposition, en précipitant les solutions salines de ces métaux par le cyanure de potassium. C'est ainsi que l'on peut préparer les *cyanures* de *plomb*, d'*argent*, de *cuivre*, etc.

Propriétés et réactions. Les cyanures alcalins et terreux sont solubles dans l'eau; ils ne se décomposent pas par la chaleur hors du contact de l'air; mais si on les calcine en présence d'oxygène, ils se transforment en cyanates. Les autres cyanures métalliques sont insolubles dans l'eau, à l'exception du cyanure de mercure; ils se décomposent par la chaleur en laissant le métal ou un carbure métallique, ou un mélange qui renferme du paracyanogène. Plusieurs d'entre eux, comme les cyanures d'argent et de mercure, abandonnent, lorsqu'on les chauffe, du cyanogène gazeux. Chauffés en présence de l'eau, tous les cyanures se décomposent. Les uns, ceux des métaux pesants en général, donnent de l'oxyde de carbone, de l'anhydride carbonique et de l'ammoniaque, en laissant le métal libre ou mélangé avec un peu de charbon; les autres, ceux des métaux alcalins particulièrement, absorbent les éléments de deux molécules d'eau et se convertissent en gaz ammoniac et en formiates alcalins :

$$CAzK + 2H^2O = A^2H^3 + CHO^2K$$

Cyanure de potassium — Eau — Ammoniaq. — Formiate de potassium

Les cyanures mélangés avec du chlorate de potassium détonent par le choc; ce sont des réducteurs puissants. On les utilise, dans ce but, dans l'analyse pyrogénée. Traités par les acides, ils dégagent de l'acide cyanhydrique, reconnaissable à son odeur. Lorsqu'on mélange du sulfate ferroso-ferrique avec un cyanure et qu'on ajoute de l'acide chlorhydrique, la liqueur devient bleue. Le cyanure de mercure ne donne pas cette réaction. L'acide sulfurique concentré décompose les cyanures métalliques; il se forme un sulfate acide d'ammonium, de l'oxyde de carbone et un sulfate neutre de métal contenu dans le cyanure.

Cyanures doubles. Les cyanures simples, insolubles dans l'eau, se dissolvent généralement dans les cyanures à base d'alcalis et produisent ainsi des sels doubles cristallisables et solubles dans l'eau. Les cyanures doubles peuvent être rangés en deux classes, la classe de ceux qui sont aisément décomposables et la classe de ceux qui résistent mieux aux agents de décomposition. Ces derniers ne sont pas, à proprement parler, des sels doubles; ils sont, en effet, beaucoup plus solubles et présentent des propriétés toutes spéciales qui les éloignent des cyanures proprement dits. Ils peuvent, par exemple, échanger leur métal contre de l'hydrogène, en donnant naissance à des acides qui n'ont aucune analogie avec l'acide cyanhydrique. De plus, ils sont neutres et non vénéneux, tandis que les véritables cyanures doubles sont fortement alcalins, très vénéneux. On peut, dans ces derniers, déceler les deux métaux qu'ils renferment sans être obligé de les détruire, contrairement à ce qui a lieu pour les ferrocyanures ferrugineux, par exemple.

Nous allons mentionner, dans ce qui suit, la préparation et les propriétés des cyanures les plus importants.

Cyanures de cobalt. Le cyanure de cobalt $Co(CAz)^2$ se forme en ajoutant du cyanure de potassium à une solution aqueuse d'un sel de cobalt. C'est un précipité couleur chair, très peu stable, qui se redissout dans le cyanure de potassium, en donnant du *cobalti-cyanure de potassium*

$$Co^2(CAz)^{12}K^6$$

analogue au ferricyanure de potassium. On connaît plusieurs cobalticyanures qui ne présentent aucune importance.

Cyanures de fer. On ne connaît qu'impar-

faitement les cyanures de fer simples à cause de l'extrême facilité avec laquelle ils se transforment en cyanures complexes, les ferrocyanures et les ferricyanures. Ces derniers forment l'objet d'une industrie importante, ce qui nous engage à entrer dans quelques détails sur leur préparation et leurs propriétés.

Ferrocyanures (Syn. : prussiates). On peut considérer les ferrocyanures comme des combinaisons doubles de cyanures ferreux $Fe(CAz)^2$ avec quatre molécules d'acide cyanhydrique ou de cyanures métalliques CAzM', de la formule générale $Fe''(CAz)^2 + (CAz)M'$.

Les ferrocyanures alcalins se forment par l'action du cyanure de fer sur les cyanures métalliques, par l'action du sulfure de fer sur les cyanures alcalins (théorie de la fabrication du ferrocyanure de potassium), et enfin par l'action des sulfures alcalins sur les ferricyanures. On les obtient à l'état de pureté en neutralisant les dissolutions d'acide ferrocyanhydrique par les carbonates ou les hydrates métalliques. Les ferrocyanures alcalins et alcalino-ferreux sont tous solubles dans l'eau et cristallisent ; tous les autres sont insolubles et se préparent par double décomposition. Aucun ferrocyanure n'est toxique.

En calcinant les ferrocyanures anhydres, le cyanure de fer se décompose en fer, charbon et azote qui se dégage ; le second cyanure résiste à la chaleur rouge (cyanure de potassium) ou se décompose (cyanure de plomb), suivant ses propriétés. L'acide sulfurique concentré décompose complètement les ferrocyanures ; il se dégage de l'oxyde de carbone ; le fer, le second métal et l'azote se retrouvent sous forme de sulfates de fer, de sulfate métallique correspondant et de sulfate d'ammoniaque.

Le ferrocyanure de potassium a acquis une grande importance dans l'industrie. C'est le point de départ de la fabrication d'un autre ferrocyanure, le bleu de Prusse, matière colorante très employée en peinture, en impression et en teinture. C'est, en outre, la matière première de la fabrication du cyanure de potassium ; soumis à l'action du chlore ou du brome, il sert enfin à la préparation du ferricyanure ou prussiate rouge de potassium. Nous en décrirons d'abord la fabrication.

Ferrocyanure de potassium,

$$(CAz)^2 Fe'' + 4KCAz.$$

On prépare aujourd'hui le ferrocyanure de potassium par trois procédés différents : 1° en chauffant au rouge un mélange de charbon azoté, de carbonate de potassium aussi exempt de soufre que possible, et de limaille de fer ; 2° au moyen des résidus de l'épuration des gaz d'éclairage ; 3° en traitant par l'eau le résidu de la calcination d'un mélange de fer et de sulfocyanate de potassium.

1° On prépare le charbon azoté par calcination en vases clos de déchets animaux, comme la corne, le sang, les débris animaux, les rognures de cuir. On calcine un mélange de 400 parties de charbon de corne, 100 parties de carbonate de potassium et 100 parties de limailles de fer dans un fourneau à reverbère ; on chauffe environ huit heures, en ayant soin de brasser la masse tous les quarts d'heure. En Angleterre, on emploie dans ce but des agitateurs mécaniques.

On obtient ainsi une masse noire, *le métal*, qu'on soumet à la lixiviation par l'eau bouillante, le ferrocyanure de potassium cristallise par refroidissement. On le soumet à une nouvelle cristallisation.

Liebig a donné le premier la théorie de ce mode de fabrication. Le charbon azoté contient du soufre, il se forme du sulfure de potassium qui réagit sur le fer et donne lieu à la formation du sulfure de fer. Le *métal* est un mélange de cyanure de potassium et de sulfure de fer ; en présence de l'eau, il se forme du ferrocyanure, selon l'équation :

$$6KCAz + FeS = K^2S + [Fe(CAz)^2 + 4KCAz].$$

2° M. Gautier-Bouchard utilise le ferrocyanure contenu dans le mélange de Laming, provenant de l'épuration du gaz. Après avoir éliminé le sulfate d'ammonium, on ajoute un excès de chaux et on soumet à un lessivage méthodique à l'eau froide. Les premières eaux sont assez riches en ferrocyanures de calcium pour pouvoir être traitées directement par le carbonate de potassium. On sépare le carbonate de chaux et on fait cristalliser le ferrocyanure de potassium en concentrant les liqueurs.

3° Nous indiquerons sommairement le principe de la méthode de Gélis, aujourd'hui pratiquée industriellement, grâce aux efforts persévérants de M. Tcherniac. On chauffe en vase clos un mélange de sulfure de carbone et d'ammoniaque ; en portant la température à 105°, il se forme du sulfocyanate d'ammonium et de l'hydrogène sulfuré se dégage :

$$CS^2 + 2AzH^3 = AzCSAzH^4 + H^2S.$$

En traitant le sel ammoniacal par la chaux, on obtient le sel calcique et on régénère l'ammoniaque. On additionne ensuite de sulfate de potassium la solution aqueuse du sel calcique ; il se précipite du sulfate de chaux et on obtient du sulfocyanate de potassium.

En chauffant enfin le sulfocyanate de potassium avec du fer, à 450°, il se forme du sulfure de fer et du cyanure de potassium, c'est-à-dire, une masse tout à fait analogue au *métal*, mais de composition constante. On traite par l'eau et on fait cristalliser le sel obtenu.

Ce procédé est d'application trop récente pour qu'il soit permis de se prononcer sur sa valeur exclusive. Bien que compliqué, en apparence, tout porte à croire qu'il est pourtant appelé à un sérieux avenir, tant à cause de sa régularité que de l'absence de pertes sérieuses comme dans l'ancien procédé.

Le ferrocyanure de potassium cristallise en prismes jaune-citron, inaltérables à l'air ; il contient trois molécules d'eau de cristallisation, qu'il perd à 100°. Il est soluble dans 4 parties d'eau froide et 2 parties d'eau bouillante, mais insoluble dans l'alcool.

Voici, en suivant l'ordre alphabétique, la description des autres ferrocyanures les plus importants :

Ferrocyanure d'ammonium,

$$Fe(CAz)^2 + 4CAzAzH^4.$$

On l'obtient en traitant le bleu de Prusse par l'ammoniaque caustique, ou, suivant Berzélius, en décomposant le ferrocyanure de plomb par le carbonate d'ammoniaque. Cristaux jaune pâle, très facilement décomposables.

Ferrocyanure de baryum,

$$Fe(CAz)^2 + 2Ba(CAz)^2 + 3H^2O.$$

Se prépare comme le précédent, en traitant le bleu de Prusse par l'eau de baryte ou en décomposant le ferro-cyanure de potassium par le chlorure de baryum en grand excès.

On a proposé de préparer ce ferrocyanure en faisant passer un courant d'air sur un mélange de charbon et de carbonate de baryte, et en ajoutant du sulfate ferreux au produit du lessivage de la masse. Le ferrocyanure de baryum n'a pourtant pas trouvé d'emploi important et sa transformation en ferrocyanure de potassium semble présenter des difficultés.

Ferrocyanure de calcium,

$$Fe(CAz)^2 + 2Ca(CAz)^2 + 12H^2O.$$

On le prépare en traitant le bleu de Prusse par un lait de chaux. Ce sel est employé en quantité assez importante pour la purification du sulfate d'alumine. Il cristallise et peut être régénéré à peu de frais.

Les ferrocyanures cobaltique, cuivreux et cuivrique, sont insolubles.

On connaît les *ferrocyanures de magnésium et de nickel.*

Le *ferrocyanure de sodium* contient 12 molécules d'eau de cristallisation, ce qui est un sérieux obstacle à son emploi dans l'industrie.

Le *ferrocyanure de zinc* est insoluble dans l'eau.

Ferricyanures. Les ferricyanures prennent naissance lorsqu'on traite les ferrocyanures par les agents oxydants ; inversement, ils se transforment en ferrocyanures lorsqu'on les soumet à l'action des réducteurs.

On peut les considérer comme des combinaisons doubles d'une molécule de cyanure ferrique $(CAz)^3Fe$ avec 3 molécules d'un cyanure métallique, de la formule générale

$$(CAz)^3Fe + 3CAzM'.$$

Les ferricyanures alcalins et alcalino-terreux sont solubles dans l'eau et cristallisent. La plupart des autres ferricyanures sont insolubles et se préparent par double décomposition.

Nous ne décrirons que le ferricyanure de potassium. Le ferricyanure ferreux constitue le bleu de Turnbull. — V. Bleu, § *Bleu de Turnbull.*

Ferricyanure de potassium (Syn.: prussiate rouge), $2Fe(CAz)^3 + 6KCAz$. Prismes rhombiques rouges, anhydres, solubles dans 4 parties d'eau. Ce sel se décompose à la lumière, mais se conserve très bien dans l'obscurité.

On le prépare généralement en faisant passer un courant de chlore dans une dissolution de ferrocyanure de potassium, soigneusement agitée, jusqu'à ce que la dissolution ne précipite plus les sels ferriques. Il est indispensable d'éviter un excès de chlore, qui décompose le ferricyanure en acide cyanhydrique, chlorure de cyanogène et cyanure ferrique.

La difficulté que présente l'évaluation exacte de la quantité de chlore employée a engagé E. Reichardt à essayer l'emploi du brome. L'oxydation réussit très bien. Le chlore ou le brome réagissent sur le ferrocyanure suivant l'équation :

$$2[(CAz)^2\overset{\circ}{Fe} + 4KCAz] + 2Cl = 2KCl + [2Fe(CAz)^3 + 6KCAz].$$

Kramer a proposé d'oxyder le ferrocyanure par l'hypochlorite de potassium.

Le ferricyanure de potassium est employé en impression. Il sert également comme rongeant afin de produire des dessins blancs sur des tissus teints en bleu d'indigo. On l'emploie aussi beaucoup en teinture comme agent oxydant.

Aucun autre ferricyanure ne présente jusqu'ici d'intérêt industriel.

Cyanure de magnésium, $Mg(CAz)^2$. Sel soluble, qu'on obtient en dissolvant de l'hydrate de magnésium récemment précipité dans l'acide cyanhydrique. Il est décomposé par l'anhydride carbonique de l'air.

Cyanure mercurique, $Hg(CAz)^2$. Le cyanure mercureux n'existe pas ; quand on verse de l'acide cyanhydrique sur de l'oxyde mercureux, il se forme du cyanure mercurique, et la moitié du mercure se sépare à l'état métallique. On obtient le cyanure mercurique en faisant bouillir pendant un quart d'heure 1 partie de ferrocyanure de potassium avec 2 parties de sulfate mercurique et 8 parties d'eau. On filtre et on évapore la liqueur; le cyanure cristallise par le refroidissement. On obtient ainsi des aiguilles blanches inaltérables à l'air et très vénéneuses. Ce sel se dissout dans 8 parties d'eau. Chauffé, il donne du cyanogène.

Cyanure de potassium, KCAz. C'est le plus important des cyanures métalliques.

Préparation au moyen du ferrocyanure potassique. La majeure partie du cyanure de potassium commercial est préparée d'après le procédé de Liebig, qui consiste à chauffer des quantités équimoléculaires de ferrocyanure et de carbonate de potassium additionné d'un peu de charbon de bois. Il se forme du fer métallique et du cyanure de potassium mêlé d'un peu de cyanate. 10 parties de ferrocyanure donnent, d'après ce procédé, 8,8 parties de cyanure qui renferme toujours une certaine quantité de cyanate.

Lorsqu'on veut obtenir du cyanure de potassium pur, on combine directement la potasse à l'acide cyanhydrique.

Le cyanure potassique a une saveur âcre, un peu alcaline et amère, qui laisse dans la gorge un arrière-goût prononcé d'acide cyanhydrique ; c'est un des poisons les plus violents qu'on connaisse.

Le cyanure de potassium est très soluble dans l'eau et même déliquescent; l'alcool le précipite

de ses dissolutions aqueuses concentrées. Le cyanure de potassium se volatilise sans décomposition à la chaleur blanche; sa réaction est fortement alcaline. Il détone violemment lorsqu'on le chauffe avec du nitrate ou du chlorate potassique. Le cyanure de potassium est employé dans la dorure et l'argenture galvaniques.

Cyanure de sodium, NaCAz. Le cyanure de sodium s'obtient par les mêmes procédés que le sel potassique, dont il partage, en général, les propriétés. D'après R. Wagner, on peut employer, pour les besoins de l'industrie, un mélange de cyanures de potassium et de sodium, que l'on obtient en fondant 40 parties de ferrocyanure de potassium avec 10 parties de carbonate de soude sec et 1 partie de charbon de bois. La masse fond rapidement; le fer du ferrocyanure se sépare à l'état métallique et gagne le fond du creuset; il peut être enlevé par décantation. Le cyanure ainsi préparé est plus stable à l'air que le cyanure de potassium et peut être préparé à une température beaucoup plus basse.

Cyanure de zinc, $Zn(CAz)^2$. C'est un corps blanc, insoluble dans l'eau et l'alcool ; on l'obtient en précipitant, par le cyanure de potassium, une dissolution d'acétate de zinc. Il faut éviter un excès de cyanure alcalin, qui redissout le précipité. Le cyanure de zinc n'a pas d'application. — G. B. et H. G.

***CYCLE**. *T. de thermodyn.* Sadi Carnot a donné le nom de *cycle fermé* à la succession des états par lesquels on fait passer un corps quelconque, en faisant varier à la fois son volume, sa pression et sa température de manière à le ramener à son état initial. Suivant que le cycle est décrit dans un sens ou dans l'autre, le corps absorbe du travail mécanique et dégage de la chaleur, ou bien absorbe de la chaleur et produit du travail mécanique. Dans le premier cas, on convertit du travail en chaleur, dans le second de la chaleur en travail. La plupart des moteurs à feu, notamment la machine à vapeur et la machine à air chaud, travaillent en faisant décrire à l'eau ou à l'air un cycle fermé de deuxième espèce.

La théorie des cycles a été donnée, aussi complètement que le comporte le plan de cet ouvrage à l'article CHALEUR, § *Equivalent mécanique*. On y trouvera, en particulier, l'étude du cycle décrit par l'eau dans les machines à vapeur.

CYCLOÏDE. *T. de géom.* La cycloïde est la courbe décrite par un point d'une circonférence qui roule sans glisser sur une ligne droite fixe, appelée *directrice* : c'est, par exemple, la trajectoire d'un point de la circonférence d'une roue de voiture roulant sur un sol parfaitement plan. On trouve facilement, en partant de cette définition, les équations de la cycloïde rapportée à deux axes rectangulaires :

$$(1)\begin{cases} x = r(\theta + \sin\theta) \\ y = r(1 + \cos\theta) \end{cases}$$

où θ représente l'angle dont a tourné la circonférence depuis le moment où le point décrivant était le plus élevé au-dessus de la directrice. La cycloïde se compose d'une série indéfinie d'arceaux égaux se raccordant par des points de rebroussement chaque fois que le point décrivant arrive sur la directrice.

Les propriétés de la cycloïde sont nombreuses et intéressantes ; on peut les obtenir facilement presque toutes en partant de la définition de la courbe et en appliquant les théorèmes relatifs à la composition des vitesses et des accélérations dans les mouvements simultanés. On considère la courbe comme engendrée par un point d'un plan, animé à la fois d'un mouvement de rotation uniforme autour du centre du cercle, et d'un mouvement de translation parallèle à la directrice, la vitesse dans ce dernier mouvement étant égale à la vitesse *tangentielle* du point mobile dans le premier. On trouvera le développement des raisonnements dans le *Traité de cinématique pure* de M. Résal.

On peut aussi partir des équations (1) et leur appliquer les méthodes ordinaires de la géométrie analytique et du calcul infinitésimal ; on arrive alors aux théorèmes suivants:

1° *La normale à la cycloïde passe par le point de contact du cercle mobile avec la directrice.* Ce théorème est évident si l'on remarque que dans le mouvement du cercle mobile, le point de contact A est le centre instantané de rotation ;

2° *La tangente à la cycloïde passe par le point le plus élevé du cercle générateur,* conséquence immédiate du théorème précédent ;

3° Le rayon de courbure de la cycloïde a pour expression :

$$\rho = 2\sqrt{2ry}$$

d'où l'on conclut que:

Le rayon de courbure de la cycloïde est égal au double de la distance du point de la courbe au point de contact du cercle générateur avec la directrice.

De ce théorème on déduit, presque immédiatement, que le lieu des centres de courbure, c'est-à-dire la *développée* de la cycloïde est une courbe égale à la première, et située au-dessous d'elle, mais dont les sommets correspondent aux points de rebroussement de la première, et inversement. Réciproquement, la développante de la cycloïde est encore une cycloïde, pourvu que le point de départ de la développante soit au sommet de la première courbe.

Si l'on remarque que la longueur d'un arc de courbe est égale à la portion d'une tangente roulant sur cette courbe comprise entre les points de contact de la tangente avec les deux extrémités de l'arc, on arrive facilement au théorème ;

4° *La longueur d'un arc de cycloïde comptée à partir du sommet, est égale au double de la portion de tangente comprise entre le point de contact et le point le plus haut du cercle générateur* (V. 2°). *L'arc entier de cycloïde compris entre deux rebroussements a pour longueur 4 fois le diamètre du cercle générateur.*

La position du centre de courbure, point de rencontre de deux normales infiniment voisines, conduit encore au théorème suivant ;

5° *L'aire comprise entre un arc de cycloïde les normales aux extrémités, et la directrice est égale au triple de l'aire comprise dans le cercle générateur entre les parallèles à ces normales, menées par le point de contact de ce cercle avec la directrice. L'aire d'un arceau complet de cycloïde est égale à 3 fois celle du cercle générateur.*

La cycloïde jouit encore de deux propriétés mécaniques importantes.

Si l'on imagine une cycloïde dont la base est horizontale et qui tourne sa convexité vers le sol, un point pesant, assujetti à se mouvoir sur cette cycloïde, exécutera de part et d'autre du sommet de la courbe des oscillations pendulaires rigoureusement *isochrones*, c'est-à-dire s'effectuant dans des temps égaux qu'elle qu'en soit l'amplitude. De là vient que la cycloïde est appelée la courbe *tautochrone*. On sait que l'isochronisme des oscillations de pendule ordinaire n'est qu'approché. Aussi Huyghens qui a découvert cette propriété de la cycloïde, avait-il songé à l'utiliser pour construire des régulateurs d'horloges parfaitement isochrones. Malheureusement la difficulté de construire des cycloïdes solides, et les déformations qu'elles subissent par l'action de la température rendent cet appareil inapplicable, et il ne le faut considérer que comme une ingénieuse conception théorique.

Enfin, la cycloïde a reçu le nom de courbe *brachistochrone* ou de plus vite descente, parce que c'est sur un arc de cycloïde qu'il faut faire glisser un point pesant pour qu'il tombe le plus vite possible d'un point A à un autre B non situé sur la même verticale.

La cycloïde a été découverte par Galilée en 1615 ; en 1634, Roberval calcula son aire ; Descartes, Fermat, Pascal en ont fait l'objet de leurs études ; c'est un peu après 1658 que Huyghens démontra sa propriété d'être tautochrone, et en 1696 que Jean Bernouilli prouva qu'elle était brachistochrone.

La cycloïde est employée dans l'industrie pour le tracé des dents d'engrenage à crémaillère. — V. Engrenage.

Ajoutons, pour terminer, que si l'on conçoit que dans le mouvement de rotation du cercle, le point décrivant soit au dehors ou à l'intérieur du cercle, on obtiendra, dans le premier cas, une courbe à boucles, et, dans le second, une courbe simplement ondulée qui ont reçu les noms de *cycloïde allongée* et *cycloïde raccourcie*. Les équations de ces courbes sont :

$$x = r\theta + a\sin\theta$$
$$y = r + a\cos\theta$$

où r désigne le rayon du cercle générateur, et a la distance du point décrivant au centre. Pour $a > r$ on a la cycloïde allongée ; pour $a < r$ on a la cycloïde raccourcie. — F.

CYLINDRAGE. *T. techn.* Opération qui consiste à faire passer plusieurs fois un rouleau très pesant sur les couches de pierres cassées que l'on répand sur les chaussées, soit au moment de leur construction, soit pour les recharger (V. Chaussée). Le cylindrage s'exécute, soit avec des chevaux ou à la vapeur ; ce dernier mode est préférable dans les grandes villes, parce qu'il est plus rapide et gêne moins la circulation. A Paris, on est obligé de l'exécuter pendant la nuit. Le cylindrage est rétribué en raison composée du poids de la machine et de la distance utile parcourue ; à Paris, la tonne kilométrique est payée 0 fr. 50 pour les 400,000 premières tonnes, et 0 fr. 35 pour les suivantes, faites dans une même année.

Le nombre de tonnes kilométriques nécessaires, par mètre carré de chaussée, varie avec le poids du rouleau et la nature des matériaux d'empierrement. On peut l'évaluer, en moyenne, aux chiffres suivants :

	Vitesse moyenne	Tonnes kilométr. pour Pavé	Meulière	Cailloux
Rouleaux à vapeur de 30 ton.	3m,45	0.71	0.59	»
— — 24 —	4.00	0.90	0.71	0.55
— — 17 —	3.20	0.46	0.43	0.61
Cylindr. à chevaux de 6 —	1.85	0.38	0.35	0.26

On voit que les rouleaux les plus légers sont en même temps les plus avantageux. Les plus pesants ne sont employés qne pour les chaussées fréquentées par des voitures lourdement chargées. — V. Empierrement. — J. B.

CYLINDRAGE DES ÉTOFFES. *T. d'appr.* Le cylindrage est le passage en pression d'une étoffe entre deux cylindres de bois ou de métal. Veut-on obtenir un simple écrasement ? Le cylindrage à froid peut suffire. Il s'applique, par exemple, aux tissus avec métal lamé ou broché. Cette opération leur donne beaucoup d'éclat. A froid, le cylindrage s'appelle aussi *calandrage*.— V. Apprêt, Calandrage.

Les cylindres métalliques, chauffés par l'introduction de barres rougies, du gaz ou de la vapeur, modifient les étoffes d'une façon bien plus énergique. Si c'est une étoffe sans apprêt, le cylindrage l'étend, l'unit, la glace et lui donne le toucher simple qui fait, selon l'expression consacrée, la peau de gant. Les taffetas, les gros grains et autres étoffes similaires sont cylindrés au moment de la livraison ; c'est l'opération de finissage.

Si, par contre, il s'agit d'un tissu apprêté, l'opération le rend plus brillant, plus carteux, ayant ce qu'on appelle le toucher papier.

La force de pression, la vitesse de rotation des cylindres, le degré de chaleur sont les conditions combinées qui donnent la qualité cherchée et le plus ou moins de cette qualité convenant à l'étoffe. Le talent du fabricant est dans l'indication de l'opération la plus convenable, et le savoir du cylindreur, dans l'appropriation de ses procédés au degré utile.

CYLINDRE. *T. de géom.* On définit d'une façon générale, surface *cylindrique*, la surface engendrée par une droite qui se meut parallèlement à elle-même en glissant sur une courbe appelée *directrice*, et le cylindre fermé est le volume obtenu en coupant une pareille surface par deux plans pa-

rallèles ; les sections ainsi déterminées, et qui limitent la figure, forment deux courbes semblables qu'on nomme les bases du cylindre.

La forme de la directrice sert à caractériser le cylindre ; celle-ci peut être une courbe gauche, ou bien une courbe plane d'un degré quelconque, à branches infinies ou à contour fermé. Par exemple, si la directrice est une hyperbole ou une parabole, le cylindre est dit *hyperbolique* ou *parabolique* ; mais les figures qui se présentent le plus usuellement dans les arts sont celles où la base plane est fermée ; c'est notamment le cas des cylindres elliptiques ou circulaires. Les cylindres dont la base est un cercle sont dits *obliques* ou *droits*, selon que leurs génératrices sont inclinées ou perpendiculaires sur le plan de la base. La surface et le volume du cylindre circulaire droit s'établissent par la comparaison des éléments analogues dans le prisme droit ; nous rappellerons que la surface latérale est $2\pi RH$, R désignant le rayon de base et H la distance des deux bases.

Le volume est représenté par l'expression $\pi R^2 H$.

Le cylindre circulaire est une surface de révolution, et on peut se représenter ce solide comme engendré par la révolution d'une des génératrices autour d'une droite parallèle passant par le centre de la base, droite qui n'est autre que l'*axe* du cylindre.

A l'étude des sections coniques se rattache celle de la section du cylindre circulaire droit par un plan oblique à la base ; un tel plan détermine, en effet, une courbe fermée qui n'est autre qu'une ellipse dont les éléments se déterminent comme dans le cas du cône circulaire droit. Il est facile, du reste, de s'en rendre compte en se représentant le cylindre comme limite d'un cône dont le sommet s'éloignerait à l'infini. L'expression analytique des surfaces cylindriques, rapportées à trois axes de coordonnées, est

$$f(x-az, y-bz)=o$$

qu'on obtient en éliminant les paramètres p et q entre les trois équations

$$\begin{cases} x=az+p & (1) \\ y=bz+q & (2) \\ f(p,q)=o & (3) \end{cases}$$

Les deux équations (1) et (2) représentent une droite dont la direction, définie par les coefficients a et b, est constante, et qui est assujettie à se mouvoir suivant une loi déterminée (à glisser sur la directrice).

On a assez fréquemment, en géométrie descriptive, à considérer le cylindre circonscrit qui forme l'enveloppe des plans tangents menés à une surface donnée, parallèlement à une même direction ; la ligne de contact du cylindre circonscrit et de la surface prend souvent la *ligne d'ombre*, car c'est elle qui séparerait la portion obscure de la surface de la région éclairée, en supposant que le foyer lumineux soit reporté à l'infini dans la direction des générateurs du cylindre. La trace du cylindre circonscrit sur le plan du tableau forme la ligne d'*ombre portée*. — B.

Cylindre. Nous ne pouvons donner ici tous les cylindres qui font partie d'un nombre considérable de machines ou d'appareils ; le lecteur les trouvera décrits dans l'ordre alphabétique. || *Cylindre. T. de métall.* — V. ETIRAGE. || *Cylindre d'impression. T. d'impr. s. ét.* — V. ROULEAU. || *Cylindre broyeur.* — V. MINERAIS. || *Cylindre débourreur.* — V. CARDE.

CYMBALE. *Instr. de mus.* Instrument de percussion composé de deux plaques circulaires de métal (80 0/0 de cuivre et 20 0/0 d'étain) et dont le centre, formant une petite concavité, est percé d'un trou, par lequel passe la courroie qui permet au musicien de frapper les deux plaques l'une contre l'autre. Le son de ces instruments est clair, éclatant, et très prolongé en raison de la masse d'air que contient la cavité de chaque cymbale.

CYPRÈS. Arbre résineux, élevé et de forme pyramidale, dont le bois, fort et incorruptible, d'un grain fin, un peu veiné, est susceptible d'un beau poli. On l'utilise dans l'ébénisterie, la fabrication des coffrets, des objets d'art.